



UNITÉ DE RECHERCHE
INRIA-ROCQUENCOURT

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
B.P. 105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél.:(1)39 63 55 11

Rapports Techniques

N°118

Programme 6

*Calcul scientifique, Modélisation
et Logiciel numérique*

EMC² UN LOGICIEL D'EDITION DE MAILLAGES ET CONTOURS BIDIMENSIONNELS

Frédéric HECHT
Eric SALTEL

Avril 1990

Emc²

un logiciel d'édition de maillages et de contours bidimensionnels.

Frédéric Hecht, Eric Saltel

avril 1990

Resumé: Emc² est un logiciel portable, graphique et interactif d'Édition de **maillages** et de **contours** en **2** dimensions. Il permet de générer interactivement des maillages bidimensionnels pour la méthode des éléments finis en définissant la géométrie (D.A.O.), la discrétisation des contours, les sous-domaines et les numéros de référence (prise en compte des conditions aux limites, définition des propriétés des sous-domaines). Ces maillages, formés de triangles ou quadrangles, sont de type réglé (grille déformée) ou de type Delaunay Voronoï (maillage automatique). Il est possible d'éditer un maillage en ajoutant, supprimant, déplaçant des sommets, en le régularisant, en lui appliquant des transformations affines (symétrie, rotation, ...), etc.

Wysiwyg 2D finite elements mesh generator

Abstract: Emc² is a portable, interactive and graphic software for Edition of two dimensional geometry and mesh. We can create and modify the geometry (CAD), define the discretization on the lines, define the subdomain, and define some reference numbers to take into account the boundary conditions and the subdomain properties. The elements of the mesh are triangles and quadrilaterals. We have two kinds of meshes : grid mesh and Delaunay Voronoï (automatic mesh). We make the edition of the mesh by moving, removing, adding vertices, by regularization, or by transformations (symmetry, rotation, ...), etc.

Mots clé: *MAILLAGE 2D, ELEMENTS FINIS, D.A.O., GEOMETRIE, TRIANGLE, QUADRANGLE.*

Sommaire

1	INTRODUCTION	1
2	GENERALITES	1
2.1	L'application CONSTRUCTION	2
2.2	L'application PREP_MESH	3
2.3	L'application EDIT_MESH	3
2.4	Un exemple détaillé très simple	3
2.5	Un exemple moins trivial	6
3	Les menus globaux	9
3.1	Les menus de désignation	9
3.1.1	Les raccourcis	11
3.1.2	Utilisation pratique	11
3.2	LE MENU CALCULETTE	12
3.3	LE MENU GENERALITES	13
3.3.1	Sortir du programme	13
3.3.2	Interroger la base de données	14
3.3.3	Détruire des élément de la base de données	14
3.3.4	Sauver la base de données	14
3.3.5	Restaurer la base de données	15
3.3.6	Mise à zéro	15
3.3.7	Imprimer l'écran	15
3.3.8	Redessiner la fenêtre sur un autre périphérique graphique	16
3.3.9	Exécuter une commande système	16
3.3.10	Sauvegarder une session	16
3.3.11	Réexécuter une session	16
3.3.12	Commuter dans l'application CONSTRUCTION	16
3.3.13	Commuter dans l'application PREP_MESH	16
3.3.14	Commuter dans l'application EDIT_MESH	16
3.4	LE MENU GESTION DE L'ECRAN	17
3.4.1	Agrandir le dessin	17
3.4.2	Réduire le dessin	17
3.4.3	Translater la fenêtre graphique	18
3.4.4	Définir une échelle	18
3.4.5	Redessiner la fenêtre graphique	18
3.4.6	Centrer le dessin	18
3.4.7	Redessiner la vue précédente	18
3.4.8	Redessiner la vue Suivante	18
3.4.9	Dessiner tout le dessin	18

4	L'APPLICATION CONSTRUCTION	19
4.1	Présentation	19
4.2	Utilisation	19
4.2.1	Méta syntaxe de description des actions	20
4.2.2	Modification de l'état du système	21
4.2.3	Construction de points	22
4.2.4	Construction de droites	22
4.2.5	Construction de cercles	23
4.2.6	Construction d'arcs	23
4.2.7	Construction de segments	24
4.2.8	Construction de splines	24
4.2.9	Transformations géométriques	25
4.2.10	Arrondir un angle	25
4.2.11	Définir un Contour	25
4.2.12	Retourner des segments ou arcs	26
4.2.13	Complémenter des arcs	26
4.2.14	Inverser des éléments	26
4.2.15	Couper 2 à 2 des éléments	27
4.2.16	Changer une partie d'un élément	27
4.2.17	Ajouter des éléments	27
4.2.18	Fondre deux éléments en un	28
5	L'APPLICATION PREP_MESH	28
5.1	Présentation	28
5.2	Utilisation	29
5.2.1	Modification de l'état du système	29
5.2.2	Définition des points intermédiaires	30
5.2.3	Définition de la raison	31
5.2.4	Définition du numéro de référence d'extrémités	31
5.2.5	Définition du numéro de référence de lignes	31
5.2.6	Fissurage des lignes	32
5.2.7	Défissurage des lignes	32
5.2.8	Définition d'un numéro de référence de sous domaine	33
5.2.9	Définition d'un domaine	33
5.2.10	Ajout d'éléments intérieurs à un domaine	33
5.2.11	Vérification de la bonne définition d'un domaine	33
5.2.12	Retrait d'éléments à un domaine	33
5.2.13	Mode de maillage d'un domaine	34
5.2.14	Mode de découpage d'un domaine quadrangulaire	34
5.2.15	visualisation de domaines ou de composantes	34
5.2.16	Génération du fichier d'entrée de APNOXX	34

6	L'APPLICATION EDIT_MESH	35
6.1	Présentation	35
6.2	Généralités	35
6.2.1	Définition des variables d'état de l'application	36
6.3	EDITION DU MAILLAGE	36
6.3.1	Bouger un sommet	36
6.3.2	Ajouter un sommet au maillage	36
6.3.3	Supprimer un sommet du maillage	36
6.3.4	Retourner une arête du maillage	36
6.3.5	Maillage de Delaunay	37
6.3.6	Régularisation du maillage	37
6.3.7	Triangler	37
6.3.8	Quadrangler	37
6.3.9	Fissurer	38
6.3.10	Modifier les références du maillage	38
6.3.11	Renommer les sommets du maillage	38
6.4	LES TRANSFORMATIONS	38
6.4.1	Translation	39
6.4.2	Symétrie	39
6.4.3	Rotation	39
6.4.4	Homothétie	39
6.4.5	Générer effectivement les transformations	39
6.4.6	Exemple de transformation	39
7	Exemple	40
7.1	Le carré unité troué	40
7.1.1	Construction du carré unité troué	40
7.1.2	Définition de la discrétisation sur la frontière	41
7.1.3	Génération et écriture du maillage	42
7.2	Une aile NACA0012	44
7.2.1	Introduction	44
7.2.2	La construction de la géométrie	45
7.2.3	Discrétisation des contours	46
7.2.4	Génération et édition du maillage	47
8	Limitations et Bogues	53
8.1	Fichiers pouvant être créés par le système	53
A	STRUCTURE INTERNE DES DONNEES	55
A.1	Description de la B.D. pour l'application CONSTRUCTION	55
A.2	Description de la B.D. pour l'application PREP MESH	56
A.2.1	Description de la liste des éléments passant par le point i.	58
A.2.2	Description de la liste des composantes	58
A.2.3	Description de la liste des domaines	59
A.3	Description des B.D. pour l'application EDIT_MESH	59

A.4	Description des maillages AM, AM_FMT, AMDBA	61
A.4.1	Le fichier AM	62
A.4.2	Le fichier AM_FMT	62
A.4.3	Le fichier AMDBA	62
B	Installation	62
B.1	Lecture de la bande	63
B.1.1	Unix-bsd	63
B.1.2	Aegis-Apollo	63
B.2	Les parties non portables	63

Liste des figures

1	représentation de l'écran	2
2	Le cercle unité	4
3	Le cercle unité discrétisé	5
4	Le cercle unité maillé	5
5	La géométrie du domaine	6
6	La discrétisation des contours.	7
7	Visualisation du maillage total.	7
8	Un premier zoom.	8
9	Zoom autour l'un des points de presque tangence	8
10	Le menu de désignation pour l'application CONSTRUCTION	9
11	Le menu de désignation pour l'application PREP_MESH	9
12	Le menu de désignation pour l'application EDIT_MESH	9
13	Les deux menus calculettes	12
14	Le menu général	13
15	Le menu gestion de l'écran	17
16	Le menu de l'application CONSTRUCTION	19
17	Exemple de contourage	26
18	Menu de l'application PREP_MESH	28
19	Exemples de composantes	29
20	Le menu de l'application EDIT_MESH	35
21	La géométrie du domaine carré troué	41
22	La discrétisation des lignes du domaine carré troué	42
23	Le maillage final du domaine carré troué	43
24	Toute la géométrie du naca0012 et de l'infini	46
25	Zoom autour du naca0012	47
26	Vu de la discrétisation de tous les contours	48
27	Zoom de la discrétisation des contours autour du naca	48
28	Maillage du demi naca0012	49
29	Zoom de 1000 du Maillage du demi naca0012	50
30	Zoom de 10 du maillage du naca0012 symétrisé	51
31	Zoom de 10 du maillage du naca0012 complet	52

1 INTRODUCTION

Une des difficultés de la méthode des éléments finis est la définition du domaine de calcul Ω et la construction d'un maillage de Ω . Etant donné que l'on est amené à résoudre des problèmes de plus en plus proches de la réalité, la complexité des domaines de calcul croît parallèlement, et le temps humain passé à définir la géométrie et générer les maillages peut devenir exorbitant si l'on ne dispose pas d'outils adéquats.

Ces différentes considérations ainsi que le développement des stations de travail (graphiques) ont motivé le développement et la réalisation du logiciel E mc^2 (pour **E**diti**o**n de **m**aillages et de **c**ontours en **2** dimensions).

L'utilisation de ce logiciel portable, graphique, rapide, basé sur des menus (*qui orientent les actions pour la définition des géométries et le maillage de celles-ci*), diminuera de façon significative le temps nécessaire à la préparation des données dans la méthode des éléments finis.

2 GENERALITES

Le logiciel est divisé en trois applications principales (exclusives):

1. l'application **CONSTRUCTION** : édition et création de la géométrie (contours);
2. l'application **PREP_MESH** : édition et définition du maillage des contours, des références des lignes, points, et sous domaines;
3. l'application **EDIT_MESH** : création et édition d'un maillage triangulaire, ou quadrangulaire.

Dans chacune de ces applications on accède aussi aux menus suivants

- *GENERALITES* permettant entre autre de changer d'application (commuter), de sauvegarder ou restaurer une base de données, de faire des copies d'écran, de ré-exécuter une session, de sortir de E mc^2 (finir)...
- *GESTION DE L'ECRAN GRAPHIQUE* servant à gérer l'affichage de la base de données,
- *CALCULETTE* permettant d'entrer une valeur numérique (pouvant être le résultat d'une expression) quand cela est nécessaire, ou de renvoyer certaines valeurs comme le rayon d'un cercle ou d'un arc de cercle, la longueur d'un arc ou d'un segment...
- *DESIGNATION* servant à définir le type de l'élément que l'on veut désigner, par exemple coord, point, droite, cercle, arc, segment, spline... Ce menu dépendra de l'application en cours car les ITEM à désigner peuvent être différents selon l'application.

Chaque application (principale) possède un menu qui lui est propre. Toutes les applications sont dirigées par des grammaires LL1.

L'écran (figure 1) est découpé en 8 zones: 5 sont des menus, 3 sont des zones d'affichage, la zone centrale est graphique.

Les menus **GENERAL(ITES)**, **CALCULETTE**, **GESTION DE L'ECRAN** sont fixes et indépendants des applications. Les menus **APPLICATION** et **DESIGNATION** sont évidemment dépendants de l'application en cours.

Le logiciel est interactif, toutes les entrées se font à l'aide de la souris et du clavier. La souris permet de désigner les ITEM (cases) des menus ainsi que les éléments graphiques (après

MENU DE L'APPLICATION COURANTE		
MENU <		

Figure 1: représentation de l'écran

sélection dans le menu **DESIGNATION**). Le clavier permet d'entrer du texte (par exemple le nom d'un fichier) ainsi que des *raccourcis*, (les ITEM de certains menus ont été mis en *équivalence* avec des touches du clavier).

2.1 L'application CONSTRUCTION

Cette application permet de définir les contours géométriques du domaine à l'aide de points, segments, arcs de cercle, et de splines. On a de plus introduit deux autres entités de construction qui sont utiles dans certains cas: les droites et les cercles. Ces deux dernières entités ne servent d'ailleurs que dans cette application.

On peut construire toutes les entités, excepté les splines, à l'aide des théorèmes de géométrie élémentaire; quand les solutions sont multiples, les ambiguïtés sont levées en utilisant l'heuristique suivante: les points de désignation sont proches des points de tangence des éléments (point, droite, cercle, arc, segment).

Une spline est définie comme une courbe C^1 passant par une liste de points. Elle sera fermée si le premier et le dernier point sont confondus.

On peut dupliquer toutes ces entités à l'aide des transformations affines suivantes: symétrie, rotation, homothétie, translation.

De plus on peut :

- arrondir les angles,
- couper les segments, arcs, splines par des points, segments, arcs, splines,
- détruire des entités à l'aide du menu **GENERALITES**

2.2 L'application PREP_MESH

A ce niveau les composantes connexes des bords des sous domaines de Ω sont connues. On appellera ces composantes connexes, des composantes.

Cette application permet de définir la discrétisation sur les entités définissant le bord du domaine et des sous domaines (frontière de matériaux), ainsi que des numéros de références sur les sous domaines, sur les lignes, sur les points; en vue d'entrer des données physiques différentes (exemple: plusieurs conditions aux limites, plusieurs matériaux).

Elle permet aussi de créer un fichier de données en vue d'interfacer le mailleur de MODULEF: APNOXX, en définissant les sous domaines comme une liste de composantes où la 1^{ière} est la composante extérieure (les autres composantes étant les composantes des trous), plus des lignes internes, et des points internes à forcer.

2.3 L'application EDIT_MESH

Au moment de la commutation on peut modifier la valeur par défaut de certains paramètres du mailleur. Le programme construit un maillage triangulaire ou quadrangulaire règle des sous domaines définis à l'étape précédente, ou bien de tous les sous domaines si aucun n'a été défini.

A ce niveau on peut éditer le maillage:

- ajouter des sommets internes aux sous domaines
- supprimer des sommets, des sous domaines
- retourner des arêtes internes d'un quadrilatère
- bouger des sommets
- régulariser ou rendre de *Delaunay* le maillage
- quadranguler le maillage
- transformer des sous domaines avec des symétries, rotations, homothéties, translations
- modifier les références des sommets, des arêtes, des sous domaines (régions);
- sauver ou restaurer un maillage (sous différentes formes: MESH structure interne à Emc², structure NOPO de modulef, structure simplifiée, etc)
- fissurer des lignes du maillage (les points de part et d'autre de la ligne sont dupliqués)
- renuméroter en vue de diminuer la taille du profil des matrices éléments finis P^1 ou Q^1 .

2.4 Un exemple détaillé très simple

Pour changer les habitudes nous allons mailler un cercle unité plutôt qu'un carré. Il faut donc construire le cercle (un arc de 360°) , puis définir la discrétisation sur l'arc, puis construire le maillage. Ces 3 phases correspondent respectivement aux trois applications CONSTRUCTION, PREP_MESH, EDIT_MESH. La liste des actions :

1. Exécuter emc2 puis entrer le numéro du périphérique graphique (dépendant de la machine). Après l'initialisation on est implicitement dans l'application construction, et le mode de désignation est point tablette(PT_TABL) . Pour construire l'arc:

- (a) on clique dans la case **ARC** du menu de construction (en haut),
- (b) on clique dans la case **CENTRE** du même menu pour définir le centre,
- (c) on clique dans la case **PT_XY** du menu désignation

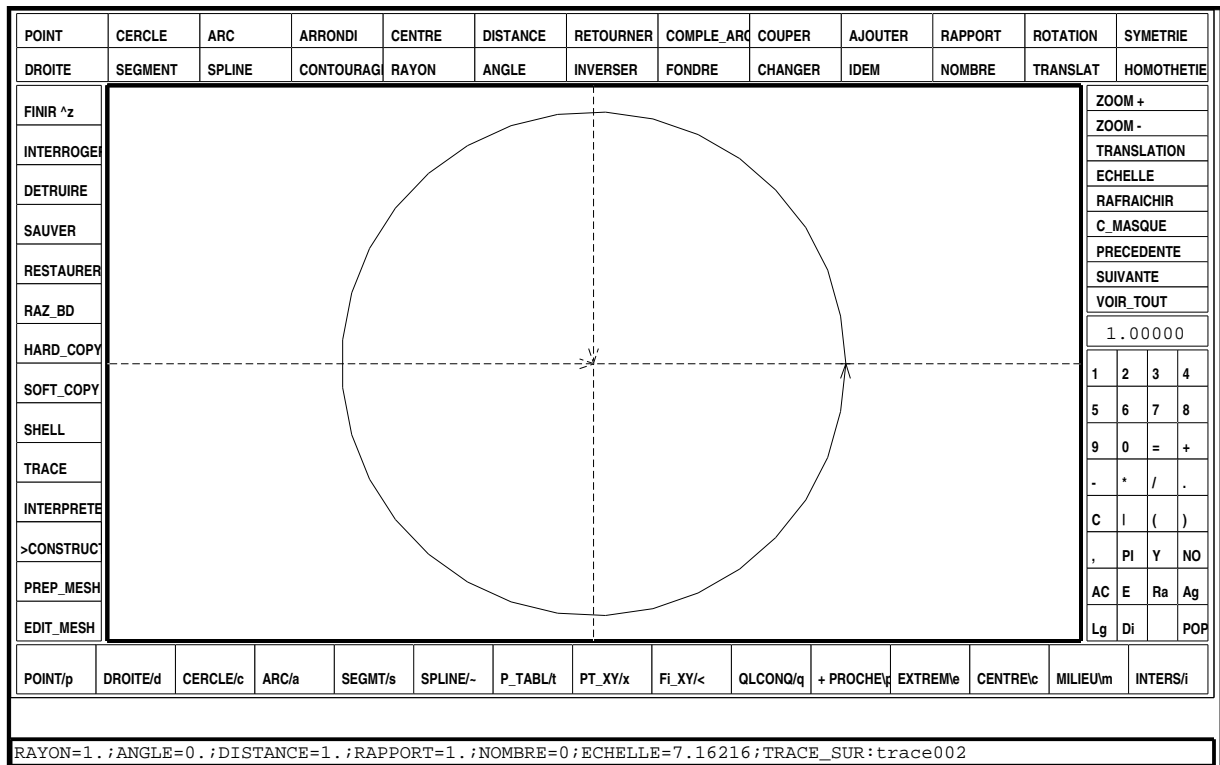


Figure 2: Le cercle unité

- (d) on tape au clavier: **0=0=** ce qui défini le centre au point (0,0)
- (e) on clique dans la case **RAYON** du menu de désignation en haut
- (f) on tape au clavier **1=** ce qui défini le rayon à 1 (la variable d'état rayon est mis à 1, elle est affiche en bas de l'écran);

un cercle de arc de centre (0,0) de rayon 1 et d'angle 360° affiche. *Remarque: bien que la variable d'état "angle" soit égale 0, l'angle de l'arc est en fait égale à 360° ($0 \equiv 360 \bmod 360$).*

2. Le cercle est petit (environ 2 cm) parce que l'échelle implicite est égale à 1, pour le voir plein écran (figure 2), il suffit de cliquer dans la case **VOIR_TOUT** du menu de gestion de l'écran (en haut à droite).
3. On a fini la construction du cercle. On passe au niveau de l'application **PREP_MESH** en cliquant dans cette case du menu général.

Pour définir le nombre de point sur l'arc il suffit de:

- (a) cliquer dans la case **NB_INTERVAL**
- (b) taper le nombre d'intervalle **10=**
- (c) de désigner l'arc en cliquant dans la case **ARC** du menu de désignation (en bas)
- (d) de cliquer dans la fenêtre graphique près de l'arc

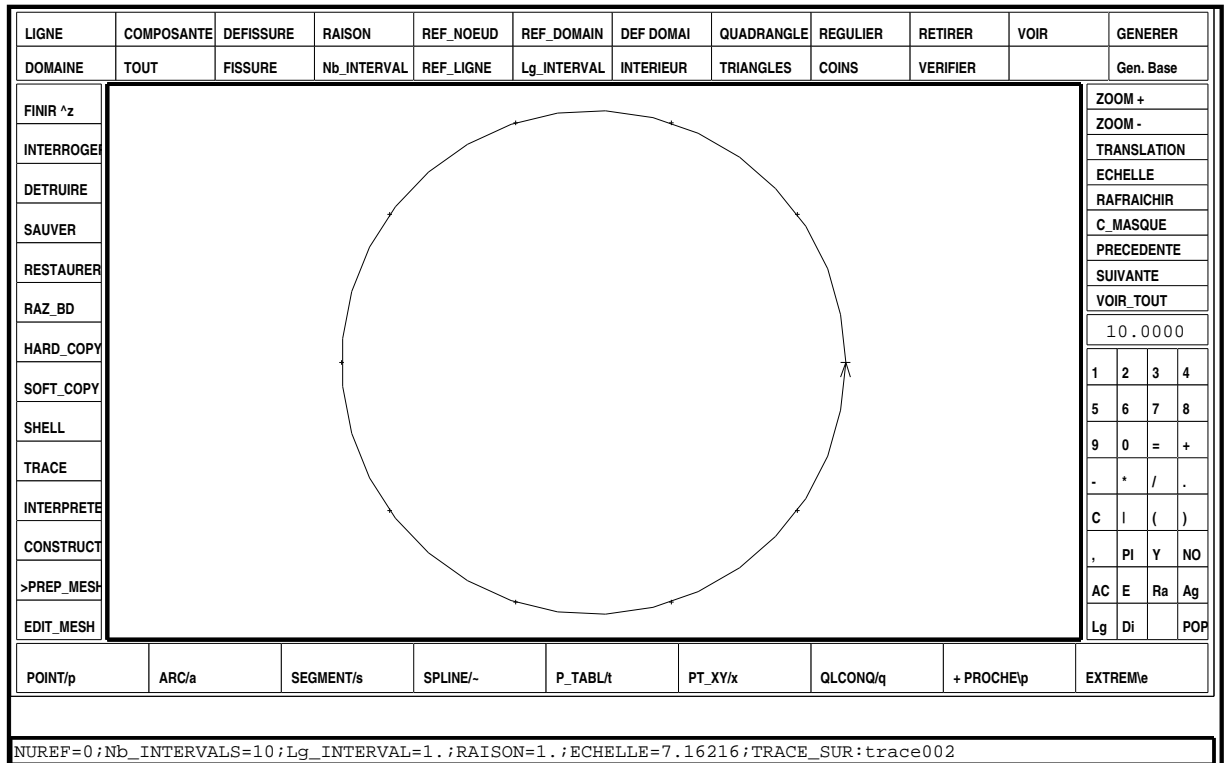


Figure 3: Le cercle unité discrétisé

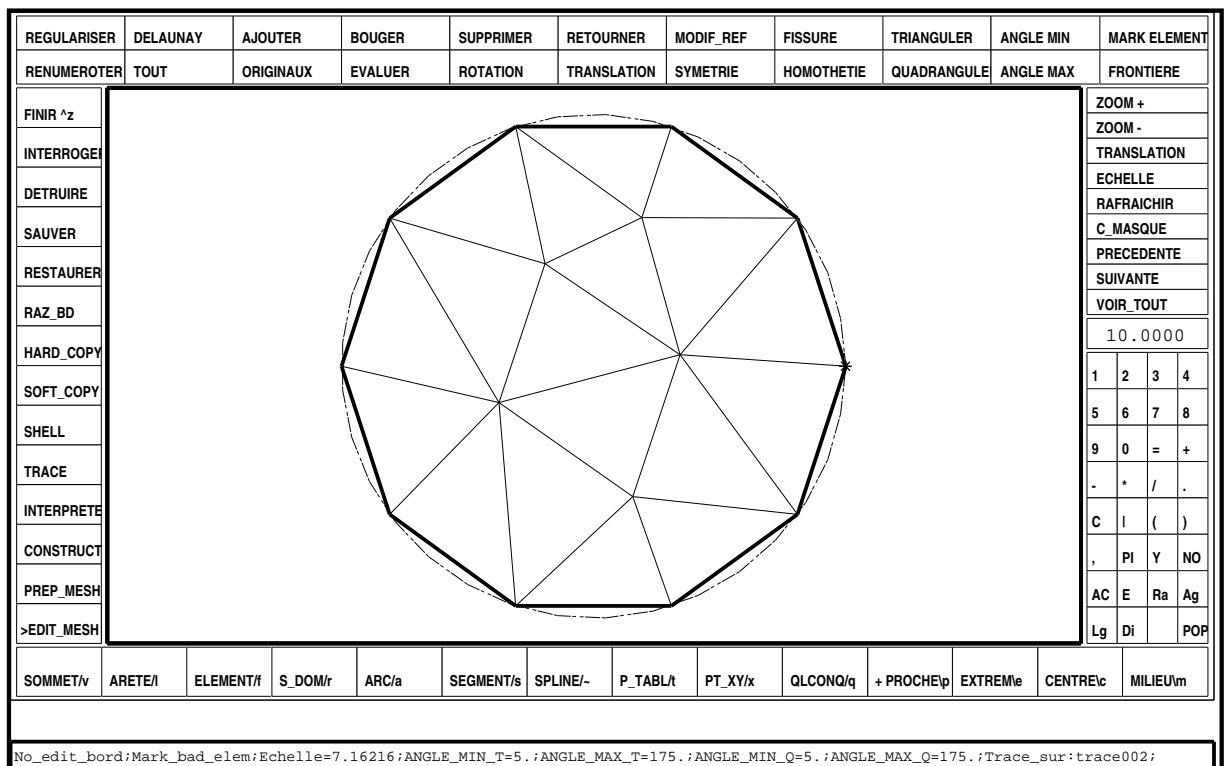


Figure 4: Le cercle unité maillé

Les points générés s'affichent sur l'écran (figure 3). On peut construire le maillage, en passant dans l'application EDIT_MESH, pour cela il suffit de cliquer dans la case EDIT_MESH du menu général, puis de taper quatre (CR) au clavier afin d'utiliser les options par défaut aux 4 questions posées par le mailleur. Le maillage du cercle s'affiche sur l'écran (figure 4). On peut sauver le maillage avec la case SAUVER du menu général, en donnant :

- (a) le type du maillage à sauver par exemple en tapant `am_fmt(CR)`
- (b) le nom du préfixe du maillage par exemple en tapant `cercle<retrun>`

un fichier de nom *cercle.am_fmt* contenant le maillage est généré.

2.5 Un exemple moins trivial

Construction d'un maillage entre les 8 cercles tangents aux 3 cercles en pointillés (c.f. figure 5). On a coupé les arcs au voisinage des points de "presque tangence" en vue de raffiner le maillage. On montre les différentes étapes (figures 5,6 et 7), et des agrandissements du maillage figures 8 et 9. La figure 9 étant un très fort zoom (environ 360 fois) autour d'un point de presque tangence.

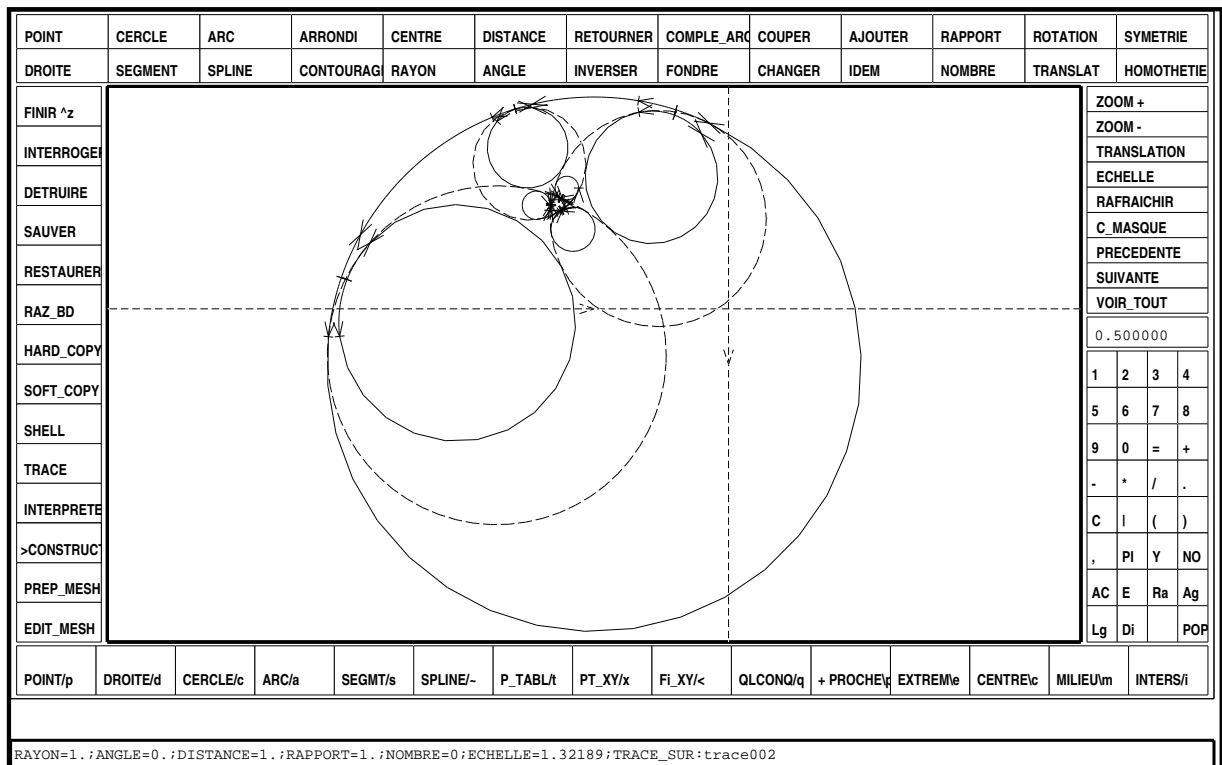


Figure 5: La géométrie du domaine

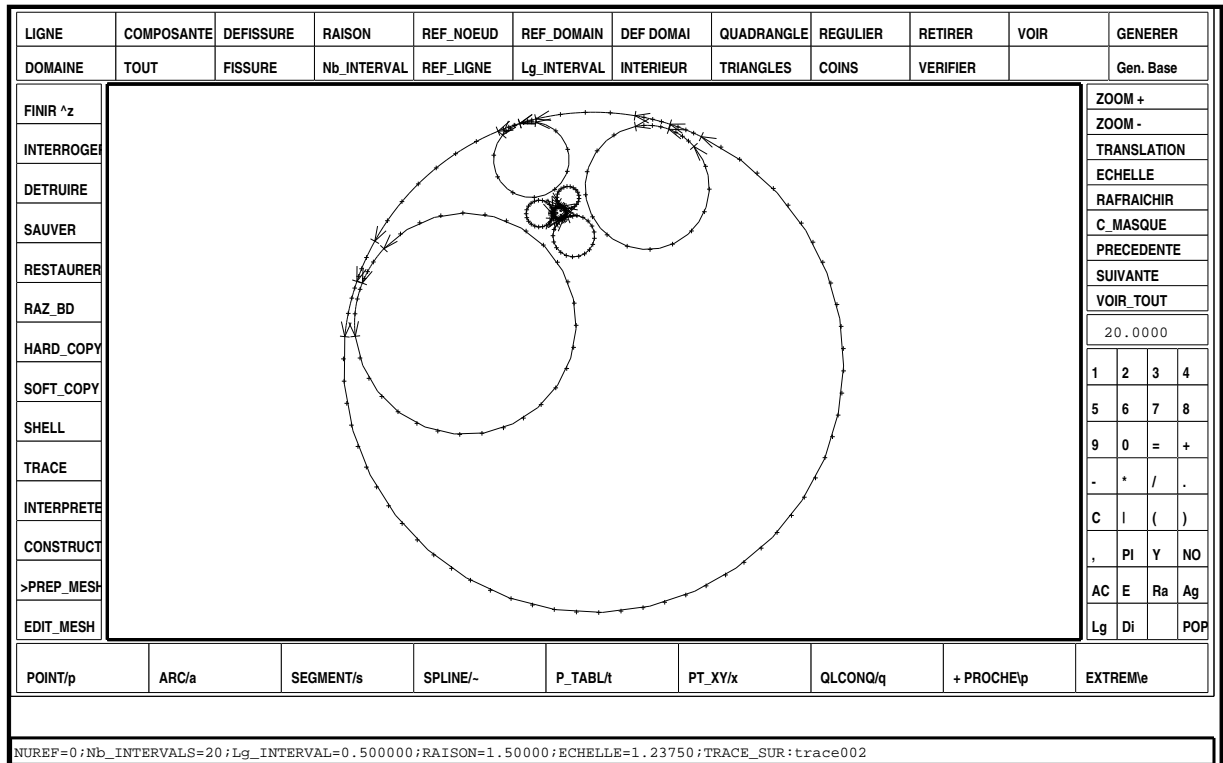


Figure 6: La discrétisation des contours.

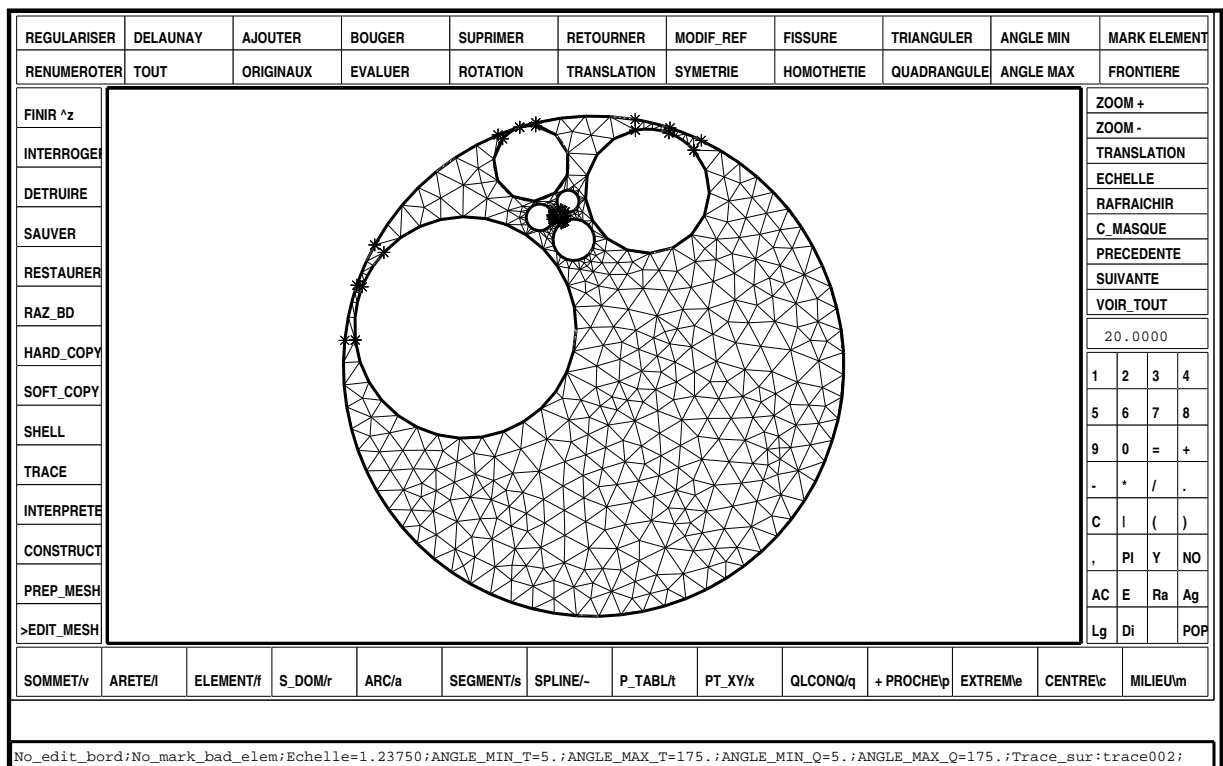


Figure 7: Visualisation du maillage total.

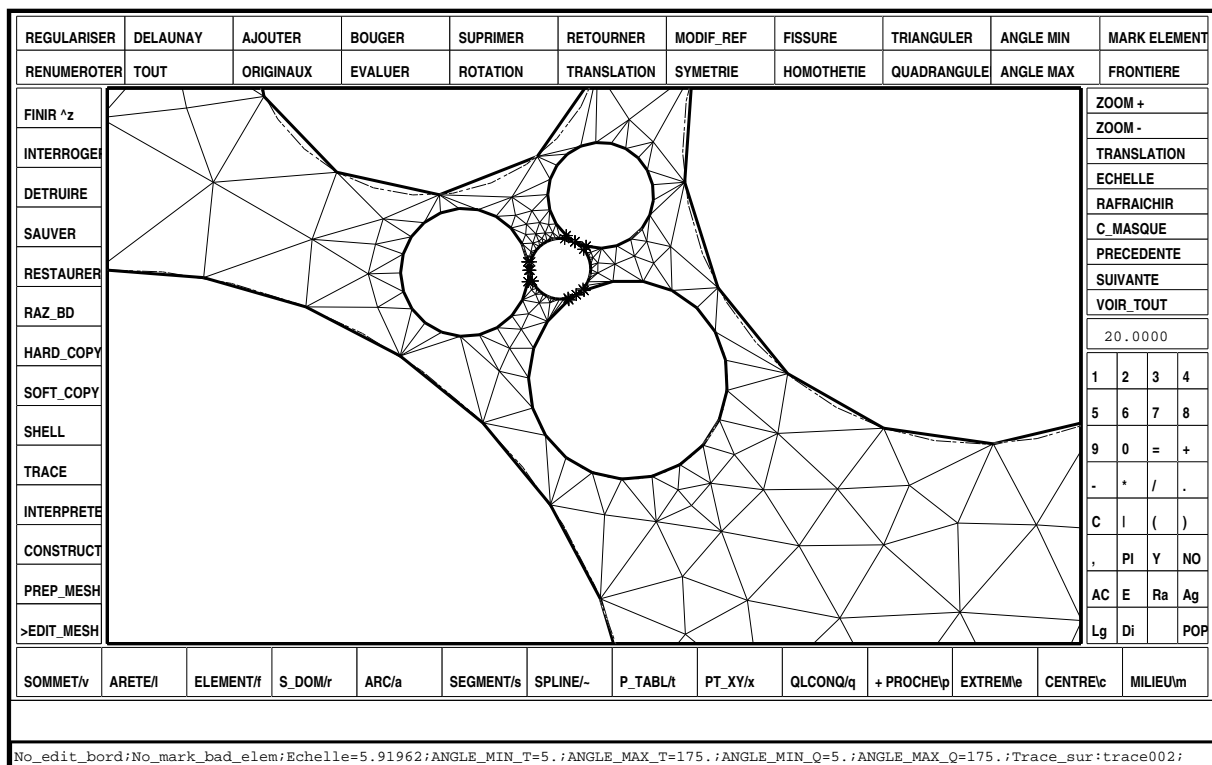


Figure 8: Un premier zoom.

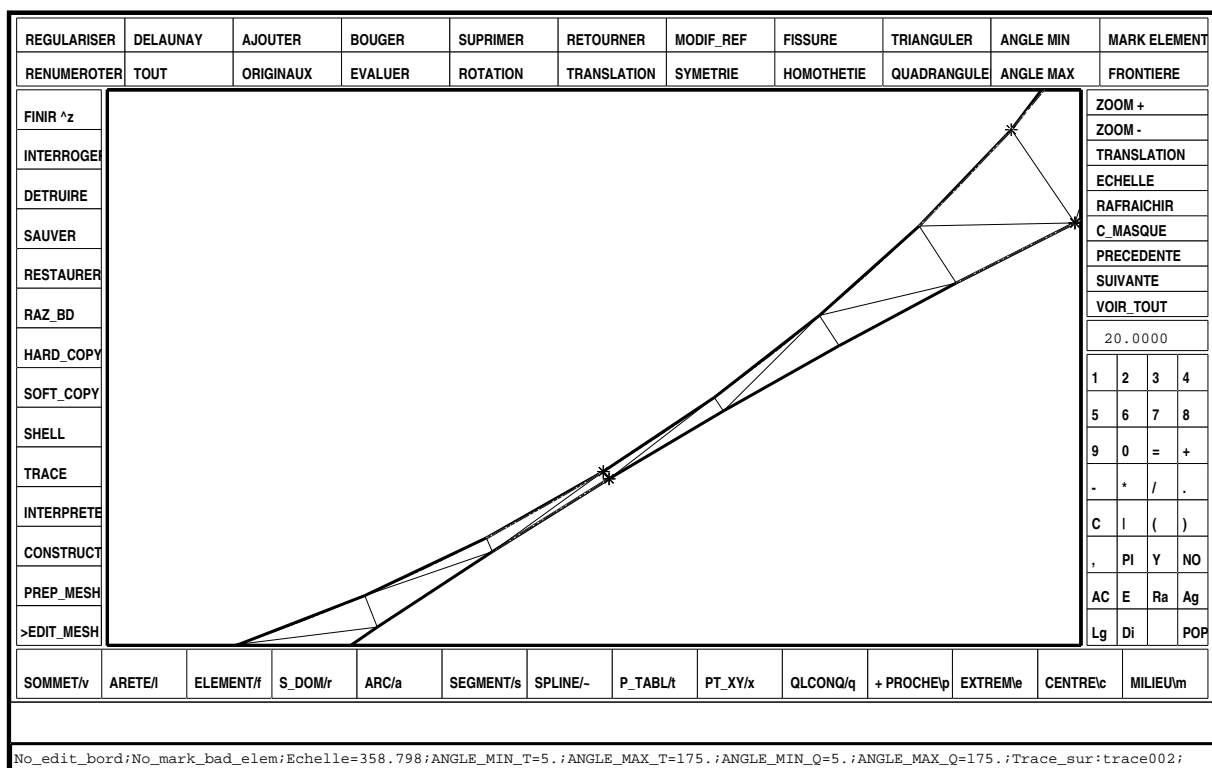


Figure 9: Zoom autour l'un des points de presque tangence

3 Les menus globaux

L'utilisateur avec les menus crée, édite, détruit, ... des objets qui sont stockés dans deux bases de données (BD), une pour la géométrie, l'autre pour les maillages.

3.1 Les menus de désignation

Ces menus (au bas de la fenêtre graphique) permettent de définir le *type de désignation graphique* (un point, droite, etc...). Ils dépendent de l'application courante (c.f. figures 10, 11, 12). Il est fondamental de bien comprendre les sorties de ce menu car tout le reste en dépend. Toutes ces sorties (exemple un cercle, un nombre, ou l'extrémité d'un arc) sont typées et les types définissent les entités syntaxiques de désignation connues par les grammaires qui dirigent les trois applications.

POINT	DROITE	CERCLE	ARC	SEGMENT	SPLINE	P_TABL	PT_XY	→
								→
								→

←	FI_XY	QLCONQ	+_PROCHE	EXTREM	CENTRE	MILIEU	INTERS
←							
←							

Figure 10: Le menu de désignation pour l'application CONSTRUCTION

POINT	ARC	SEGMENT	SPLINE	P_TABL	PT_XY	QLCONQ	+_PROCHE	EXTREM
-------	-----	---------	--------	--------	-------	--------	----------	--------

Figure 11: Le menu de désignation pour l'application PREP_MESH

Les types générables sont :

- <COORD> point immédiat (point tablette, point XY ou extrémité, centre, milieu d'un élément de la BD)
- <POINT> point de la BD
- <DROITE> droite de la BD
- <CERCLE> cercle de la BD
- <ARC> arc de la BD

SOMMET	ARETE	ELEMENT	S_DOM	ARC	SEGMENT	SPLINE	P_TABL	→
								→
								→

←	PT_XY	QLCONQ	+_PROCHE	EXTREM	CENTRE	MILIEU
←						
←						

Figure 12: Le menu de désignation pour l'application EDIT_MESH

- <SEGMENT> segment de la BD
- <SPLINE> spline de la BD
- <VALEUR> valeur numérique (entrée avec la calculette)
- <SOMMET> sommet du maillage
- <ARETE> arête du maillage
- <ELEMENT> élément fini (triangle ou quadrangle) du maillage
- <S_DOM> sous domaine du maillage (composante connexe du maillage)

Ces menus dépendent de l'application en cours car ils servent à définir le type de l'élément que l'on veut désigner. Les ITEM des menus (leur "raccourci" clavier est entre parenthèses) peuvent se classer en plusieurs catégories:

1. Les item POINT (p), DROITE (d), CERCLE (c), ARC (a), SEGMENT (s), SPLINE (~) permettent de désigner un élément de la B.D. le plus proche du point cliqué, le type de désignation est défini par la nature de l'élément trouvé et par l'item des catégorie (4),(5) (si il y a une incompatibilité, l'item de la catégorie (4) est force à +P_PROCHE.
utilisé;

2. Les item P_TABL (t), PT_XY (x), FI_XY (<) permettent d'entrer des points immédiats respectivement comme suit

- ils sont définis en cliquant avec la souris dans la fenêtre graphique;
- ils sont définis par une liste de couples de valeurs (coordonnées) entrée avec la calculette;
- ils sont lus dans un fichier 'FORMATTED' contenant 2 coordonnées (real) par ligne jusqu'à la fin du fichier (EOF), le nom du fichier est demandé dans la zone scratch;

Remarque: dans les 2 derniers cas le point généré peut-être hors de la fenêtre graphique;

3. l'item QLCONQ (q) n'oriente pas la désignation (on prendra l'élément de la BD le plus proche du point cliqué), le type de désignation est défini par la nature de l'élément trouvé et par l'item des catégorie 4,5 utilisé;
4. l'item +_PROCHE permet de désigner effectivement l'élément de BD et le type de la désignation est celui de l'élément de BD,
5. Les item EXTREM(ITE) (esc e), CENTRE (esc c), MILIEU (esc m) permettent de définir ce que l'on va désigner de l'élément de BD (c.f. (1) et (3)): on désigne le point (de type de désignation: <COORD>) qui est respectivement l'extrémité, centre, milieu de l'élément de BD désigné si cela a un sens sinon on passe en mode de désignation quelconque en conservant ;
6. L'item INTERSECTION, permette de désigner le point immédiat qui est l'intersection de 2 éléments de BD désignés par la suite (le type de désignation généré est <COORD>);
7. Les item ELEMENT(f), ARETE(1), SOMMET(v), S_DOM(r) permettent de désigner respectivement l'élément (triangle ou quadrangle) contenant le point cliqué (pour le type de désignation: <ELEMENT>), l'arête la plus proche du point cliqué qui doit être dans un élément (pour le type de désignation: <ARETE>), le sommet le plus proche du point cliqué qui doit être dans un élément (pour le type de désignation: <SOMMET>), le sous domaine contenant le point cliqué (pour le type de désignation: <S_DOM>).

Important: En fait la désignation n'est effective que lorsque l'on a cliqué sur un élément de la fenêtre graphique, en effet on peut cliquer autant de fois que l'on veut les cases du menu de façon à obtenir la combinaison désirée de case(s) marquée(s). Une désignation définit le type de désignation et elle conserve les coordonnées du curseur au moment du clic, souvent ces coordonnées sont utiles pour l'application en cours, car elles servent à lever des ambiguïtés sémantiques, plusieurs solutions au problème traité, exemple:

- on veut construire un cercle tangent à 3 cercles, il y a généralement 8 solutions, on choisira la solution telle que les points de tangences soient les plus proches des points de désignation;
- l'intersection de deux cercles donne deux points, dans INTERSECTION, on lève l'ambiguïté en ne retenant que le point le plus proche de celui ayant servi à désigner le deuxième cercle.

Si l'on essaie de désigner quelque chose qui n'existe pas, on obtient le message *on n'a rien désigné*, ce qui ne produit aucun effet.

Suivant les applications les désignations possibles ne sont pas les mêmes car on n'a pas besoin de tous les types de désignation (ex: les cercles et les droites ne sont utilisés que dans l'application construction, les elements, arêtes, sommets et sous domaines n'existent que dans l'application EDIT_MESH)

3.1.1 Les raccourcis

Les "raccourcis" clavier correspondant aux ITEM des catégories 1,2,3,4,7 sont équivalents à 2 cliques : un premier dans la case de l'ITEM, et le suivant sur le point du curseur si celui ci est dans la fenêtre graphique (on a donc changé le mode de désignation et on a désigné l'élément le plus proche du curseur).

3.1.2 Utilisation pratique

La désignation d'un élément se fait en cliquant près de cet élément (on recherche le plus proche du clique). Quand on clique un menu, il est marqué par l'apparition du signe > devant le texte du menu. Dans les menus de désignation, il peut y avoir deux cases de marquées à la fois, les combinaisons sont:

QLCONQ	(+_PROCHE, EXTREMITE, CENTRE, MILIEU)
POINT	(+_PROCHE)
DROITE	(+_PROCHE)
CERCLE	(+_PROCHE, CENTRE)
ARC	(+_PROCHE, EXTREMITE, CENTRE, MILIEU)
SEGMENT	(+_PROCHE, EXTREMITE, MILIEU)
SPLINE	(+_PROCHE, EXTREMITE)
PT_TAB	(+_PROCHE)
PT_XY	(+_PROCHE)
SOMMET	(+_PROCHE)
ARETE	(+_PROCHE)
ELEMENT	(+_PROCHE)
S_DOM	(+_PROCHE)

Les autres combinaisons ne sont pas valides. Une désignation n'est effective que lorsque l'on a cliqué à un élément sur l'écran: en effet on peut cliquer autant de fois que l'on veut les cases du menu de façon à obtenir la combinaison désirée de case(s) marquée(s).

3.2 LE MENU CALCULETTE

Ce menu (c.f. figure 13) peut aussi être considéré comme un menu de désignation. Il permet de définir une valeur numérique qui est de type <VALEUR>.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	0	=	+
-	*	/	.
C		()
,	PI	Y	NO
AC	E	Ra	Ag
Lg	Di		POP

On passe d'un menu à l'autre en cliquant la case POP

SIN	COS
TAN	ATAN
ATAN2	EXP
LOG	LOG10
SQRT	MOD
ABS	SIGN
INT	NINT
MIN	MAX
	POP

Figure 13: Les deux menus calculettes

On peut écrire n'importe quelle expression FORTRAN. Le calcul effectif de la valeur est effectué sur le clique de l'ITEM = (de raccourci =) ou en tapant (CR).

les ITEM, avec leur raccourci clavier entre parenthèses sont :

1	(1)	les chiffres
2	(2)	
3	(3)	
4	(4)	
5	(5)	
6	(6)	
7	(7)	
8	(8)	
9	(9)	
.	(.)	point décimal
+	(+)	
-	(-)	
*	(*)	
/	(/)	
)	())	
(((
,	(,)	virgule pour séparer, les arguments des fonctions
=	(=)	
	()	Opérateur puissance.
PI		= π
Y		= 0
NO		= 1
E	(E)	Exposant des nombres en format exponentiel.
C	(Z)	Raz de l'accumulateur de la calculette.
AC	(R)	Raz de la calculette.
Ra		= Rayon d'un élément désigné (<ARC> ou <CERCLE>).
Ag		= Angle d'un élément désigné (<ARC>) ou angle entre deux <DROITES>.
Lg		= Longueur d'un élément désigné (<ARC> ou <SEGMENT> ou <SPLINE>).

Di = distance entre un <POINT> et un <POINT>, une <DROITE>, un <CERCLE>, ou un <ARC>;
ou distance entre deux <DROITE> parallèles,
ou distance entre deux <CERCLE>.

POP permet l’affichage du menu calculette des fonctions FORTRAN
SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN, ATAN2, EXP, LOG,
LOG10, INT, NINT, MOD.

Exemples pour entrer les nombres:

1.234567E9 il suffit de taper au clavier 1.234567E9(CR)

0.5 il suffit de taper 1/2=

3.14159... il suffit de cliquer dans la case PI(CR)

2×rayon du cercle il suffit de taper 2*, de cliquer dans la case **Ra**, puis de désigner le <cercle> (en cliquant de la case cercle du menu de désignation puis en cliquant près du cercle), pour finir il suffit de taper (CR) au clavier

3.3 LE MENU GENERALITES

Ce menu (c.f. figure 14) permet d’exécuter des actions générales: changer d’application CONSTRUCTION, PREP_MESH, EDIT_MESH, sauver, restaurer, copier l’écran, ou exécuter une commande système. Pour lancer une action, il suffit de cliquer dans l’item correspondant.

FINIR
INTERROGER
DETRUIRE
SAUVER
RESTAURER
RAZ_BD
HARD_COPY
SOFT_COPY
SHELL
TRACE
INTERPRETE
CONSTRUCTI
PREP_MESH
EDIT_MESH

Figure 14: Le menu général

Les ACTIONS du menu général sont :

3.3.1 Sortir du programme

, **FINIR**

Termine l’exécution du programme.

3.3.2 Interroger la base de données

INTERROGER

Permet d'interroger les éléments que l'on désignera. Leurs caractéristiques seront affichées dans la zone d'entrées sorties ou "scratch".

3.3.3 Détruire des élément de la base de données

DESTRUCTION

Permet de détruire (uniquement dans l'application CONSTRUCTION) les éléments de la BD que l'on désignera. Attention: si l'on détruit un POINT, on vérifie si ce POINT est utilisé pour définir une SPLINE, si oui, on le retire aussi de la SPLINE.

3.3.4 Sauver la base de données

SAUVER

Permet de sauver les B.D. dans un fichier. Le nom du fichier est composé d'un préfixe et d'un suffixe. Le préfixe est demandé par le système dans la zone scratch (figure 1), le suffixe peut être, suivant les cas: `.emc2_bd`, `.mesh`, `.nopo`, `.am`, `.am_fmt`, `.amdba` et dépend de l'application courante.

- Dans l'application CONSTRUCTION, on sauve les éléments de construction avec leurs numéros de références (points, droites, cercles, arcs, segments, splines) ainsi que l'état du système; le suffixe est `.emc2_bd`.
- Dans l'application PREP_MESH, on sauve la même chose que dans CONSTRUCTION plus la définition des domaines; le suffixe est `.emc2_bd`.
- Dans l'application EDIT_MESH, on sauve différents types de maillage. Le type qui est entré dans la zone scratch avant d'entrer le préfixe du fichier. Les types connus implicitement sont :

mesh (type par défaut) on sauve la BD_MESH et ses références à la BD définissant la géometrie (définissant les contours des sous domaines). Le suffixe est `.mesh`.

nopo on extrait de la BD_MESH la structure de données NOPO (Modulef) que l'on écrit dans un fichier de suffixe `.nopo`. (on perd les courbes définissant les contours).

am on extrait de la BD_MESH une structure simplifiée de type AM (c.f. appendice A.4.1) que l'on écrit dans un fichier non formaté de suffixe `.am` (on perd les courbes définissant les contours ainsi que les références des arêtes).

am_fmt idem am, mais le stockage est fait dans un fichier formaté de suffixe est `.am_fmt` (c.f. appendice A.4.2).

amdba on extrait de la BD_MESH une structure de type AMDBA (c.f. appendice A.4.3) que l'on écrit dans un fichier formaté de suffixe `.amdba` (on perd les courbes définissant les contours et certaines références).

Remarque: il est possible de sauver les maillage sous d'autre forme en modifiant la subroutine ecrmsb.

3.3.5 Restaurer la base de données

RESTAURER

Permet de restaurer la B.D. d'un fichier. Le nom du fichier est composé d'un préfixe et d'un suffixe. Le préfixe est demandé par le système dans la zone scratch (figure 1), le suffixe peut être: `.emc2_bd`, `.mesh`, `.nopo`, `.am`, `.am_fmt`, `.amdba` suivant les cas. L'information restaurée dépend de l'application courante.

- Dans l'application CONSTRUCTION, on restaure les éléments de construction avec leurs numéros de références (points, droites, cercles, arcs, segments) ainsi que l'état du système; le suffixe est `.emc2_bd`.
- Dans l'application PREP_MESH, on restaure la même chose que dans CONSTRUCTION plus la définition des domaines; le suffixe est `.emc2_bd`.
- Dans l'application EDIT_MESH, on restaure différents types de maillage. Le type qui est entré dans la zone scratch avant d'entrer le préfixe du fichier. Les types connus implicitement sont :

mesh Restaure un maillage et de tous ses contours sauvés (les définitions géométriques de ceux-ci sont conservées); le suffixe est `.mesh`.

nopo on construit la BD_MESH à partir d'une structure de type NOPO (Modulef) (on on reconstruit les courbes définissant les contours avec des segments et on a perdu l'édition des fissures); le suffixe est `.nopo`.

am on construit la BD_MESH à partir d'une structure de type AM (c.f. appendice A.4.1). (on on reconstruit les courbes définissant les contours avec des segments; on a perdu l'édition des fissures et les références d'arêtes); le suffixe est `.am`.

am_fmt idem am, mais le fichier est formaté; le suffixe est `.am_fmt` (c.f. appendice A.4.2).

amdba on construit la BD_MESH à partir d'une structure de type AMDBA (c.f. appendice A.4.3). (on perd les courbes définissant les contours et les références d'arêtes) (on on reconstruit les courbes définissant les contours avec des segments et on a perdu l'édition des fissures); le suffixe est `.amdba`.

Remarque: il est possible de restaurer des maillages écrits sous une autre forme en modifiant la subroutine addmsh.

Attention: le maillage lu n'est pas recollé avec les maillages préexistants.

3.3.6 Mise à zéro

RAZ_BD

Permet de détruire tout ce qu'il y a en mémoire dans le 2 bases de données.

3.3.7 Imprimer l'écran

HARD_COPY

Hard copy de ce qu'il y a sur l'écran (avec la résolution de l'écran, imprime la bitmap de l'écran). *Dépend du système et de l'environnement (c.f. subroutine hardcp).*

3.3.8 Redessiner la fenêtre sur un autre périphérique graphique

SOFT_COPY

On réaffiche ce qu'il y a sur l'écran sur un autre périphérique de Fortran3d. *Dépend du système et de l'environnement (c.f. subroutine softcp).*

3.3.9 Exécuter une commande système

SHELL

Permet d'exécuter une commande système (shell), le système demande d'entrer la commande ou les commandes dans une chaîne de caractères. *Dépend du système (c.f. subroutine exec).*

3.3.10 Sauvegarder une session

TRACE

Permet de sauver dans un fichier de nom composé d'un préfixe donné par utilisateur et d'un suffixe `.trace_emc2` toutes les actions de l'utilisateur. Si le préfixe est précédé par un `+`, on fait un 'append' au fichier de trace (on écrit à partir de la fin). Par défaut un fichier de trace est ouvert de préfixe `tracexxxx`, ou `xxxx` est un numéro de version pour ne pas écraser la trace précédent).

3.3.11 Réexécuter une session

INTERPRETE

Interprète un fichier de trace, de préfixe donné par utilisateur.

3.3.12 Commuter dans l'application CONSTRUCTION

CONSTRUCTIO

Demande de commutation dans l'application de CONSTRUCTION. Après la commutation, on se trouve en désignation de P_TABL.

3.3.13 Commuter dans l'application PREP_MESH

PREP_MESH

Demande de commutation dans l'application PREPARATION DES DONNEES POUR MAILLAGE. Après la commutation, on se trouve en désignation de P_TABL.

3.3.14 Commuter dans l'application EDIT_MESH

EDIT_MESH

Demande de commutation dans l'application EDITION DE MAILLAGE (EDIT_MESH). Au moment de la commutation après avoir répondu aux 4 questions, on "triangule" tous les domaines définis (si aucun domaine n'est défini on maille tout). La triangulation dépend de 4 paramètres (par défaut on tape un (CR) au clavier par paramètre):

1. un paramètre *debug* (0 par défaut) qui définit deux paramètres :
 - $\text{impression} = \text{debug} \bmod 10 : 0 \Rightarrow$ pas d'impression, à 9 \Rightarrow beaucoup d'impression
 - $\text{debugging graphique} = \text{debug} / 10 : 0 \Rightarrow$ pas de debugging, à 9 \Rightarrow toutes les phases de l'algorithme de maillage sont affichées (*très long*).
2. un paramètre *puis* d'épaisseur de raffinements (plus *puis* est petit plus les zones de raffinement se propageront loin, *puis* = .25 par défaut (les valeurs raisonnables sont comprises entre .1 et 10.));
3. un paramètre *coef* de densité de triangles (le nombre de triangles générés est en $O(\text{coef}^2)$, *coef* = .75 par défaut).
4. de plus on demande si on active ou non une régularisation (par défaut elle est faite);

Après la commutation, on se trouve en désignation de **PT_TABL**.

3.4 LE MENU GESTION DE L'ECRAN

Il est représenté par la figure 15 et il est présent pour toutes les applications. Il sert à gérer l'affichage des 2 bases de données. Le contexte d'affichage consiste en la mémorisation du masque d'affichage (ce masque est un rectangle dans l'espace sujet et est calculé de manière à conserver l'égalité des échelles en X et Y). La pile des contextes d'affichage est en fait une pile circulaire à 8 niveaux. Ces contextes sont initialisés par : échelle 1, masque centré à l'origine.

ZOOM +
ZOOM -
TRANSLATION
ECHELLE
RAFRAICHIR
C_MASQUE
PRECEDENTE
SUIVANTE
VOIR_TOUT

Figure 15: Le menu gestion de l'écran

Les ACTIONS du menu gestion de l'écran sont:

3.4.1 Agrandir le dessin

ZOOM + <COORD> <COORD>

Le rectangle défini par deux <COORD> est affiché plein écran et on empile ce nouveau contexte dans la pile d'affichage. En général on clique 2 fois pour définir deux coins opposés du rectangle.

3.4.2 Réduire le dessin

ZOOM - <COORD> <COORD>

On affiche ce qui il y a actuellement plein écran dans le rectangle défini par deux <COORD> et on empile ce nouveau contexte dans la pile d'affichage.

3.4.3 Translater la fenêtre graphique

TRANSLATION <COORD> <COORD>

Translate la fenêtre de visualisation d'un vecteur allant du premier <COORD> au deuxième <COORD> et on empile ce nouveau contexte dans la pile d'affichage.

3.4.4 Définir une échelle

ECHELLE

Change l'échelle de visualisation et on empile ce nouveau contexte dans la pile d'affichage (le centre de la fenêtre est inchangé).

3.4.5 Redessiner la fenêtre graphique

RAFRAICHIR

Réaffiche le dessin courant. Cette action est très utile car bien souvent il reste des scories, qui sont effacées par cette action.

3.4.6 Centrer le dessin

C_MASQUE <COORD>

Centre la fenêtre sur le point désigné (<COORD>) et on empile ce nouveau contexte dans la pile d'affichage.

3.4.7 Redessiner la vue précédente

PRECEDEENTE

Redescend de un dans la pile des contextes d'affichage et affiche (on retrouve le contexte d'affichage précédent).

Remarque :ce contexte d'affichage existe toujours car les huit contextes sont initialisés par défaut.

3.4.8 Redessiner la vue Suivante

SUIVANTE

Remonte de un dans la pile des contextes d'affichage et affiche (on retrouve le contexte d'affichage suivant, voir remarque précédente).

3.4.9 Dessiner tout le dessin

VOIR_TOUT

Calcule le masque de façon à voir toute la base de données et affiche celle-ci pleine écran.

4 L'APPLICATION CONSTRUCTION

4.1 Présentation

Cette application est dirigée par le menu de l'application (figure 16) en haut de l'écran et le menu de désignation (figure 10) en bas de l'écran. Elle permet de construire des objets 2D définis à partir des points, segments, arcs et splines; les cerles et les droites ne servant que d'artifices de construction. Elle permet de construire et manipuler ces objets:

- en utilisant la géométrie élémentaire pour définir les points, droites, cercles, segments, arcs (exemple: en utilisant la propriété de tangence, on peut définir un cercle tangent à 3 droites, ou bien une droite tangente à 2 cercles).
- en utilisant des splines (une suite de points) pour définir des courbes fermées ou non;
- en coupant les objets entre eux (excepté les droites et les cercles qui sont seulement des objets de construction). On peut par exemple, couper par une droite mais celle-ci ne sera pas affectée;
- en arrondissant des angles;
- en dupliquant n fois ces objets à l'aide des transformations affines classique: symétrie, rotation, homothétie;
- en faisant des "*contourages*" de figures;
- en inversant des arcs ou des segments;
- etc

POINT	CERCLE	ARC	ARRONDI	CENTRE	DISTANCE	RETOURNER	→
							→
							→
DROITE	SEGMENT	SPLINE	CONTOURAGE	RAYON	ANGLE	INVERSER	→
							→
							→

←						
←	COMPLE_ARC	COUPER	AJOUTER	RAPPORT	ROTATION	SYMETRIE
←						
←	FONDRE	CHANGER	IDEM	NOMBRE	TRANSLAT	HOMOTHETIE
←						

Figure 16: Le menu de l'application CONSTRUCTION

4.2 Utilisation

Nous rappelons que grace aux menus de désignation on peut désigner des points, droites, cercles, arcs, segments, splines, coordonnées (points immédiats, extrémités, etc...). Donc nous noterons par <POINT>, <DROITE>, <CERCLE>, <SEGMENT>, <ARC>, <SPLINE>, <COORD> le fait de désigner un de ces éléments ou une partie de ceux-ci, de plus on crée une <VALEUR> en utilisant la calcullette ou ces raccourcis (voir les sections 3.1,3.2 pour plus de détails).

4.2.1 Méta syntaxe de description des actions

Nous utiliserons dans la méta syntaxe de description du langage de construction, les symboles suivants:

Nous appellerons **<xxx>** une suite d'actions qui seront définies par **<xxx> = ;**

- **A B** pour définir la concaténation de **A** et **B** (et) "*on attend A puis B*".
- **A|B** pour définir une alternative (ou) "*on attend A ou B*" (action moins prioritaire que la concaténation).
- ***** pour la répétition de l'expression qui suit (0 ou plusieurs fois) .
- **"** pour rien (ce qui permet de faire quelque chose dans tous les cas)
- le parenthèses () pour changer les priorités

Exemple : L'expression : **<xxx> = (A | ") *(B|C) E ;** nous permet entrer des suites de lettres (chaîne) commençant ou non par **A** formé de **B** ou de **C** en suite et ce terminant par **E**.

Exemple de chaînes admissibles :

ABBCCCCE	E	AE	CBBCBCBCBCBCBE
ABBBBBBBE	BE	ABE	BCBCBCBCBCBCBCE
BBBBBBBBBE	CE	ACE	CCCCCCCCCCCCCE

Nous appellerons

- **<point_coor>** la désignation de **<POINT>** ou **<COORD>**;
- **<contrainte>** la désignation de **<POINT>**, ou **<COORD>**, ou **<DROITE>**, ou **<CERCLE>**, ou **<SEGMENT>** ou **<ARC>**;
- **<elements>** la désignation de **<POINT>**, ou **<COORD>**, ou **<DROITE>**, ou **<CERCLE>**, ou **<SEGMENT>**, ou **<ARC>** ou **<SPLINE>**.
- etc...

ou encore dans la méta syntaxe on a :

```

<point_coor> = <POINT> | <COORD>;
<contrainte> = <point_coor> | <DROIT> | <CERCLE> | <ARC> | <SEGMENT>;
<element>    = <contrainte> | <SPLINE>;

```

Dans la définition de **<contrainte>**, l'ARC est assimilé au cercle qui le supporte, de même que SEGMENT est assimilé à la droite qui le supporte.

Remarque: En base de données les éléments sont décrits par:

POINT	(a,b) avec: x=a; y=b
DROITE	(a,b,c) tels que ax+by+c=0
CERCLE	centre(a,b) et rayon r
SEGMENT	(P1,P2) avec P1=(x1,y1) et P2=(x2,y2)
ARC	(centre en P1 passant par P2 et d'angle α , avec P1=(x1,y1) et P2=(x2,y2)
SPLINE	(nombre de points, tête de la liste des points)

Au niveau de l'application CONSTRUCTION tous les menus autre que le menu de CONSTRUCTION sont filtrés par les applications DESIGNATION, CALCULETTE, GENERALITE, GESTION DE L'ECRAN GRAPHIQUE. Donc le fait de cliquer dans ces menus n'a aucune action directe sur l'application (excepté le changement de type de désignation ou l'entrée d'une valeur). Les cases du menu de l'application et les désignations gouvernent l'application CONSTRUCTION. Par la même nous noterons XXXX : le fait de cliquer dans la case XXXX du menu de l'application courante (en haut). Il n'y aura aucune confusion avec des cases de même nom d'un autre menu.

exemple:

- le fait de désigner un cercle est noté <CERCLE>
- le fait de cliquer dans l'item CERCLE du menu CONSTRUCTION est noté CERCLE

il ne faut pas confondre ces deux "cercles", de même si l'on clique dans l'item CENTRE du menu désignation on désignera des centres d'arcs ou de cercles ce qui donnera des <COORD> par contre si l'on clique dans l'item CENTRE du menu CONSTRUCTION (en haut) on obtient CENTRE.

4.2.2 Modification de l'état du système

L'état du système est un ensemble de variables qui sont utilisées par l'application, ces variables globales à l'application sont :

- %DISTANCE permet définir une distance signer qui est util pour des constructions point, droite, segment, etc...
- %RAYON permet de définir le rayon d'un arc ou cercle, etc...
- %ANGLE permet de définir l'angle d'arc ou de 2 droites, etc...
- %RAPPORT permet de définir le rapport d'une homothétie, etc...
- %NOMBRE permet de définir le nombre de duplications lors des transformations.

et sont modifiables presque à tout moment.

Nous appellerons <modif etat> une modification de l'état du système , c'est à dire une modification de la valeur affectée à l'une des variables

```
<modif etat> = *( <distance> | <rayon> | <angle> | <rapport> | <nombre> )
```

- Modification de %DISTANCE: <distance>= DISTANCE (<VALEUR> | IDEM)
- Modification de %RAYON: <rayon> = RAYON (<VALEUR> | IDEM)
- Modification de %ANGLE: <angle> = ANGLE (<VALEUR> | IDEM)
- Modification de %RAPPORT: <rapport> = RAPPORT (<VALEUR> | IDEM)
- Modification de %NOMBRE: <nombre> = NOMBRE (<VALEUR> | IDEM)

IDEM Permet de garder la valeur précédente de la variable d'état.

4.2.3 Construction de points

```
POINT
*( <COORD>
  | <POINT> ( <CERCLE> | <DROITE>
              | <ARC>   | <SEGMENT> | <SPLINE> )
  | <DROITE> <element>
  | <CERCLE> <element>
  | <SPLINE> <element>
);
```

- Première alternative, **<COORD>**: Création du point de coordonnées immédiates par action des menus de désignation: P.TABL, PT_XY, FI_XY, INTERS, EXTREM, MILIEU, CENTRE.
- Autres alternatives: On construit un point après avoir désigné deux éléments.
 - Si l'un des élément est un **<point>** soit P le point projection de ce **<point>** sur l'autre élément
 - * si cet autre élément est une **<droite>** alors on crée un point à une distance %DISTANCE de P sur la **<droite>** dans la direction de la **<droite>**
 - * sinon on crée le point P.
 - Si aucun des deux éléments n'est un **<point>**, on crée le point d'intersection de ces deux éléments. Comme il y a en général deux intersections entre une **<droite>** et un **<cercle>** ou entre deux **<cercles>**, le choix du *bon point* d'intersection est fait en choisissant le plus proche des points ayant servis à désigner les éléments.

Exemple de construction de points.

on commence par cliquer dans la case POINT du menu construction pour se mettre en mode de construction de points puis

- en cliquant dans la case PT_TABL du menu désignation, et puis pour chaque clique dans la fenêtre graphique on construit un point
- en cliquant dans la case PT_XY du menu désignation on construit un point pour chaque couple de nombres entrés avec la calculette (*tapés au clavier et suivis de = ou (CR)*)
- en cliquant dans la case FI_XY et en entrant un nom de fichier, on construit un point par couple de nombres qu'il y a dans le fichier formaté.
- on construit des points intersections de deux éléments (droite, segment, cercle, arc, spline) en désignant un couple de ces éléments.

4.2.4 Construction de droites

```
DROITE *( <contrainte> <contrainte>
          | IDEM *<SEGMENT>
        );
```

Si on a comme contraintes (indépendamment de tout ordre) :

- **<CercleOuPoint> := <<>cercle; — <<>point;**

- `<CercleOuPoint> <CercleOuPoint>`: La droite créée est tangente aux deux `<cercle>` (aux points les plus proches des points ayant servi à désigner les deux `<cercle>`)
- `<droite> <droite>`:
 - si elles s’intersectent: La droite créée est bissectrice des autres `<droite>`.
 - si elles sont confondues: on crée une droite parallèle à une distance `%DISTANCE` du coté du point de désignation.
 - sinon: on crée la droite parallèle aux deux `<droite>`, à égale distance de celles-ci.
- `<droite> <cercle>`: La droite créée est parallèle à la `<droite>` et est tangente au `<cercle>` en un point le plus proche de celui ayant servi à désigner le `<cercle>`.
- `<droite> <Point>`: La droite créée fait un angle `%ANGLE` avec la `<droite>` et passe par le `<<>point`.

Dans l’autre alternative (IDEM), on construit la droite s’appuyant sur les `*<segment>`.

4.2.5 Construction de cercles

CERCLE

```
*( <rayon> *( CENTRE <point_coor> | <contrainte> <contrainte> )
  | <contrainte> ( <rayon> <contrainte>
                  | <contrainte> ( <rayon> | <contrainte> ) )
  | CENTRE <point> *( <rayon> | <contrainte> )
  | IDEM *<ARC>
);
```

Explication des différents cas (indépendamment de l’ordre).

- `<rayon> CENTRE <point>`: Cercle de centre le point `<point>` et de rayon `%RAYON`.
- `<rayon> <contrainte> <contrainte>`: Cercle de rayon donné par `%RAYON` et ayant deux contraintes de tangence par rapport aux deux éléments désignés.
- `<contrainte> <contrainte> <contrainte>`: Cercle ayant trois contraintes de tangence par rapport aux trois éléments désignés.
- `CENTRE <point> <contrainte>`: Cercle de centre donné tangent à la contrainte désignée.
- `IDEM * <arc>`: Cercle s’appuyant sur les `* <arc>` (même centre, même rayon que les `*<arc>`).

4.2.6 Construction d’arcs

```
ARC *( CENTRE <point> *( <angle> <contrainte>
                        | <rayon>
                        | <contrainte> (<angle> | <contrainte>))
  | <rayon> *( CENTRE <point>
              | <contrainte> <contrainte> )
  | <contrainte> ( <rayon> <contrainte>
                  | <contrainte> (<rayon> | <contrainte>))
  | IDEM *<CERCLE>
);
```

Explication des différents cas (indépendamment de l'ordre). Pour la construction des ARCS, on crée d'abord le cercle ayant les mêmes <contrainte> et on prend un arc sur ce cercle.

- CENTRE <point> <angle> <contrainte>: Arc de centre donné commençant au point de tangence avec la <contrainte> et faisant un <angle> à partir de ce point.
- CENTRE <point> <rayon>: Arc de centre donné de rayon donné %RAYON d'angle 2π
- CENTRE <point> <contrainte> <contrainte>: Arc de centre donné commençant au point de tangence avec la première <contrainte> et finissant à l'aplomb du point de tangence d'avec la deuxième <contrainte> (en tournant dans le sens positif).
- <rayon> <contrainte> <contrainte>: Arc de rayon donné %RAYON commençant au point de tangence avec la première <contrainte> et finissant au point de tangence d'avec la deuxième <contrainte>.
- <contrainte> <contrainte> <contrainte>: Arc tangent aux trois <contrainte> reliant les trois points de tangence aux <contrainte> dans l'ordre des <contrainte>.
- IDEM *<cercle>: Crée un arc d'angle 2π sur chaque <cercle> désigné.

4.2.7 Construction de segments

SEGMENT *(<contrainte> <contrainte>);

Explication des différents cas (indépendamment de l'ordre).

Pour la construction des SEGMENTS, on commence par créer la DROITE ayant les mêmes contraintes puis on prend un segment de cette droite reliant les deux points de tangence aux deux contraintes si ils existent, sinon on se sert de la variable d'état

Par exemple :

- <cercle> <cercle>: Le segment est tangent aux deux <cercle> (aux points les plus proches des points ayant servi à désigner les deux <cercle>).
- <droite> <droite>:
 - si elles s'intersectent: Le segment est sur la bissectrice des deux <droite> et est longueur %DISTANCE.
 - si les deux <droite> sont confondues: on crée un segment parallèle à une distance %DISTANCE du côté du point de désignation (Il est de longueur %DISTANCE ou de même longueur que <droite> selon que <droite> est une DROITE ou un SEGMENT.
 - sinon: Le segment est entre les deux <droite> parallèles, à égale distance (il est de longueur %DISTANCE).
- <droite> <cercle>: Le segment est parallèle à la <droite> désignée et est tangent au <cercle> en un point le plus proche de celui ayant servi à désigner le <cercle> (il est de longueur %DISTANCE et commence au point de tangence avec le <cercle>).

4.2.8 Construction de splines

SPLINE <point> *<point>;

Construit la spline (cubique par morceaux) passant par les <points>. On peut faire une spline fermée en définissant le dernier point identique au premier (en le désignant).

4.2.9 Transformations géométriques

ROTATION, TRANSLAT, HOMOTHETIE, SYMETRIE définissent des transformations que l'on va appliquer sur les éléments désignés.

```

ROTATION    <modif etat> ( CENTRE | " ) <point_coor> <modif etat>  *<element>
TRANSLATION <point_coor> <point_coor>      *<element>
HOMOTHETIE  <modif etat> CENTRE (<point_coor> | " ) <modif etat>  *<element>
SYMETRIE    (<point_coor> | <DROITE>| <SEGMENT>)  *<element>

```

ROTATION on applique la rotation de centre <point> d'angle %ANGLE sur <elements>. Si %NOMBRE ≤ 1 , on déplace <elements> sinon on crée %NOMBRE-1 nouvelles occurrences de <elements>. (Donc il y a %NOMBRE fois <elements> sur l'écran après la transformation).

TRANSLATION on applique la translation d'un vecteur allant du premier <point> au deuxième <point> sur <elements>. Si %NOMBRE ≤ 1 , on déplace <elements>, sinon on crée %NOMBRE-1 nouvelles occurrences de <elements>. (Donc il y a %NOMBRE fois <elements> sur l'écran après la transformation).

HOMOTHETIE on applique l'homothétie de centre <point> de rapport %RAPPORT sur <elements>. Si %NOMBRE ≤ 1 , on déplace <elements> sinon on crée %NOMBRE-1 nouvelles occurrences de <elements>. (Donc le nombre d'occurrences de <elements> sur l'écran après la transformation est %NOMBRE).

SYMETRIE on applique la symétrie par rapport à <point> ou à <droite> sur tous les <elements> que l'on désignera. Attention si %NOMBRE est plus grand que 2, il y aura des superpositions d'éléments.

4.2.10 Arrondir un angle

Cette commande permet de faire des arrondis entre SEGMENTS et ARCS.

```
ARRONDI  *( <contrainte> <contrainte> )
```

On crée un arrondi de rayon %RAYON entre les deux <contrainte>, *l'arrondi tourne toujours dans le sens* > 0 . L'arrondi est un arc dont le cercle qui le supporte est tangent aux deux <contrainte>, l'arc va du premier point de tangence au deuxième point de tangence en tournant dans le sens > 0 . Si une <contrainte> est un ARC ou un SEGMENT, on modifie cette <contrainte> de façon à ce que cet élément se termine au point de tangence avec l'arrondi.

4.2.11 Définir un Contour

```

CONTOURAGE  (<DROITE> | <CERCLE>) (<DROITE> | <CERCLE>)
              (<DROITE> | <CERCLE>) (COMPLE_ARC | ")
              *( (<DROITE> | <CERCLE>) (COMPLE_ARC | ")      )

```

Permet de définir un contour formé de SEGMENTS et d'ARCS s'appuyant sur un ensemble de droites et de cercles. Le programme fonctionne en calculant l'intersection de la contrainte i avec la contrainte $i+1$ ce qui donne le point I puis de la contrainte $i+1$ avec la $i+2$ ce qui donne le point I+1, I et I+1 forment un nouveau morceau du contour et ainsi de suite.

Par exemple avec des droites (figure 17) :

Supposons que nous ayons les 5 droites $D_1 D_2 D_3 D_4 D_5$ s'intersectant en $p_1 p_2 p_3 p_4 p_5$ et que nous voulons définir le contour formé des segments $(p_1, p_2), (p_2, p_3), (p_3, p_4), (p_4, p_5), (p_5, p_1)$.

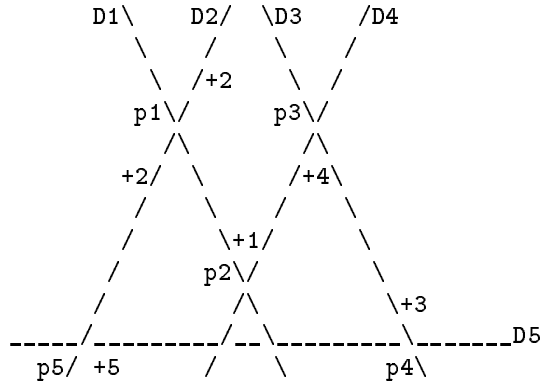


Figure 17: Exemple de contourage

On désigne par $+i$ le i ème point de désignation. On désigne D_2 en $+2$ puis D_1 en $+1$ ce qui définit p_1

Puis on désigne D_4 en $+4$ ce qui définit p_2 (ici le programme trace (p_1, p_2))

Puis on désigne D_3 en $+3$ ce qui définit p_3 (ici le programme trace (p_2, p_3))

Puis on désigne D_5 en $+5$ ce qui définit p_4 (ici le programme trace (p_3, p_4))

Puis on désigne D_2 en $+2$ ce qui définit p_5 (ici le programme trace (p_4, p_5))

Puis on désigne D_1 en $+1$ ce qui définit p_1 (ici le programme trace (p_5, p_1))

Dans le cas de cercles il faut faire attention car les points de désignation servent à lever les ambiguïtés d'intersections multiples (le point de désignation de la contrainte i sert à lever l'ambiguïté de désignation entre les contraintes i et $i+1$).

4.2.12 Retourner des segments ou arcs

RETOURNE *(<ARC> | <SEGMENT>)

Retourne un SEGMENT ou un ARC

- ARC : $\alpha \rightarrow -\alpha$
- SEGMENT: $(P1, P2) \rightarrow (P1, 2 * P1 - P2)$ (Symétrie / P1)

4.2.13 Complémenter des arcs

COMPLE_ARC *ARC

Change un ARC en son complément si $(\alpha < 0)$ alors $\alpha = \alpha + 2\pi$ sinon $\alpha = \alpha - 2\pi$

4.2.14 Inverser des éléments

INVERSER *(<ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE>)

Inverse un ARC, SEGMENT ou une SPLINE

- ARC : $(C, P, \alpha) \rightarrow (C, Rot(P, \alpha)/C, -\alpha)$
- SEGMENT: $(P_1, P_2) \rightarrow (P_2, P_1)$
- SPLINE : $(P_1, P_2, \dots, P_n) \rightarrow (P_n, P_{n-1}, \dots, P_2, P_1)$

4.2.15 Couper 2 à 2 des éléments

```
COUPER *( <point_coor> *( <ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE> )
          | ( <DROITE> | <CERCLE> | <ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE> )
          ( <DROITE> | <CERCLE> | <ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE> )
        )
```

Coupe en deux un ARC ou un SEGMENT ou une SPLINE par la projection de <point> sur l'élément. Pour la SPLINE on coupe au point de définition le plus proche du point <point>. Coupe un ARC ou un SEGMENT ou une SPLINE par une DROITE ou un CERCLE ou un ARC ou un SEGMENT ou une SPLINE.

4.2.16 Changer une partie d'un élément

```
CHANGER *( ANGLE <ARC> (<VALEUR> | IDEM)
           | RAYON <CERCLE> (<VALEUR> | IDEM)
           | <POINT> <point_coor> )
```

Permet donc de changer :

- l'angle d'un ARC désigné
- le rayon d'un CERCLE
- la position d'un <point> (on change le premier en le second, ce premier <point> peut être le centre d'un arc ou d'un cercle)
- l'extrémité d'un SEGMENT ou d'un ARC.
- un point de définition d'une SPLINE, donc la forme d'une SPLINE.

4.2.17 Ajouter des éléments

```
AJOUTER *( POINT *( <ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE> | <POINT> <POINT> )
              | SEGMENT *( <SEGMENT> <SEGMENT> )
              | SPLINE *( <SPLINE> ( <SPLINE> | * <POINT> ) ) )
```

- Si POINT : on rajoute %NOMBRE points avec une raison %RAPPORT sur ARC ou SEGMENT ou SPLINE ou entre les 2 POINTS.
- Si SEGMENT : on rajoute %NOMBRE segments par interpolation linéaire de raison %RAPPORT entre les 2 SEGMENTS.
- Si SPLINE :
 - suivi de la désignation de 2 SPLINES alors : on rajoute %NOMBRE splines par interpolation linéaire de raison %RAPPORT entre les 2 SPLINES.
 - suivi de la désignation d'une spline et d'un point on ajoute à la SPLINE désignée de nouveaux POINTS de définition donnés par * <point>.

4.2.18 Fondre deux éléments en un

FONDRE *(<segment> <segment> | <arc> <arc> | <spline> <spline>)

Permet de fondre 2 SEGMENTS ou 2 ARCS ou 2 SPLINES ayant une extrémité commune en un seul élément de même type. L'élément résultant est dans le sens du premier désigné. Pour que cette instruction puisse s'effectuer, il faut:

- dans le cas de 2 segments, que les 2 segments soient colinéaires.
- dans le cas de 2 arcs, que les 2 arcs aient même centre et même rayon.

5 L'APPLICATION PREP_MESH

5.1 Présentation

Cette application est dirigée par le menu de l'application (figure 18) en haut de l'écran et le menu de désignation (figure 11) en bas de l'écran. Elle permet de définir:

- la discrétisation sur les lignes des contours;
- les sous domaines à mailler;
- les références des lignes et de leurs extrémités en vue de la prise en compte des conditions aux limites (c.f. la méthode de éléments finis);
- le type de mailleur structuré (*carré déformé*) ou non structuré (*Voronoi*) de chaque sous domaine.

De plus à ce niveau nous pouvons interfacer le mailleur APNOPO de modulef [1] en générant un fichier de données pour le préprocesseur APNOXX [4, 5].

LIGNE	COMPOSANTE	DEFISSURE	RAISON	REF_NOEUD	REF_DOMAIN	→
DOMAINE	TOUT	FISSURE	Nb_INTERVAL	REF_LIGNE	Lg_INTERVAL	→

↑	DEF_DOMAIN	QUADRANGLE	REGULIER	RETIRER	VOIR	GENERER
↑	INTERIEUR	TRIANGLE	COINS	VERIFIER		Gen. Base

Figure 18: Menu de l'application PREP_MESH

Ex :

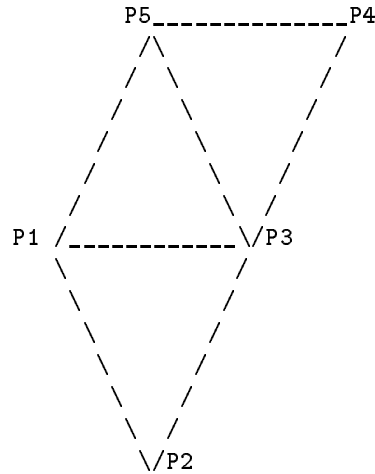


Figure 19: Exemples de composantes

5.2 Utilisation

A l'entrée dans cette application, le programme calcule automatiquement toutes les composantes connexes intérieures et extérieures du dessin (exemple figure 19). Les composantes connexes intérieures étant dans le sens positif, les extérieures dans le sens négatif.

On obtient automatiquement les composantes connexes suivantes:

```
P5,P3,P4      >0
P1,P3,P5      >0
P1,P2,P3      >0
P1,P5,P4,P3,P2 <0
```

- On appellera `<element>` un ARC ou un SEGMENT ou une SPLINE en tant que tel.
- On appellera `<composante>` la composante désignée par un de ses `<element>`.
- On appellera `<domaine>` le domaine désigné par un de ses elements (`<composante>` ou `<element>` interieur).
- On appellera `<ligne> = LIGNE <element1> <element2>` l'ensemble des éléments allant du premier élément `<element1>` au deuxième élément `<element2>` dans le sens de la composante à laquelle appartiennent les deux éléments.

5.2.1 Modification de l'état du système

L'état du système est un ensemble de variables qui sont utilisées par l'application, ces variables globales à l'application sont :

- `%RAISON` permet de définir la raison de la discrétisation d'une courbe (ligne, ou segment, ou arc, ou spline)
- `%NBINTR` permet de définir le nombre d'intervalles de la discrétisation d'une courbe

- %LGINTR permet de définir la longueur des intervalles de la discrétisation d'une courbe
- %NUREF permet de définir un numéro de référence à un point, courbe, sous domaine

et sont modifiables presque à tout moment.

Nous appellerons `<modif etat>` une modification de l'état du système, c'est à dire une modification de la valeur affectée à l'une des variables

```
<modif etat> = *( <raison> | <nb interval> | <lg interval> | <numero de ref> )
```

- Modification de %RAISON: `<raison> = RAISON (<VALEUR> | IDEM)`
- Modification de %NBINTR: `<nb interval> = NBINTR (<VALEUR> | IDEM)`
- Modification de %LGINTR: `<lg interval> = LGINTR (<VALEUR> | IDEM)`
- Modification de %NUREF: `<numero de ref> = NUREF (<VALEUR> | IDEM)`

IDEM Permet de garder la valeur précédente de la variable d'état.

5.2.2 Définition des points intermédiaires

```
Nb_INTERVAL *<VALEUR> *( LIGNE      *(( <VALEUR> | ">
                        | COMPOSANTE *(( <VALEUR> | ">
                        | TOUT
                        |              ( <VALEUR> | ">
                                <element4> )
```

Permet de générer des points intermédiaires de façon à obtenir %NB_INTERVAL intervalles, la `<VALEUR>` est entrée: %NB_INTERVAL prend cette valeur, et est affichée dans la ligne en bas de l'écran.

- aux éléments d'une `<ligne>` définie par `<element1> <element2>`
- aux éléments d'une `<composante>` désignée par `<element3>`
- ou à tous les éléments de la B.D.
- à un élément seulement `<element4>`.

```
Lg_INTERVAL *<VALEUR> *( LIGNE      *(( <VALEUR> | ">
                        | COMPOSANTE *(( <VALEUR> | ">
                        | TOUT
                        |              ( <VALEUR> | ">
                                <element4> )
```

Permet de générer des points intermédiaires de façon à ce que la distance entre deux points consécutifs soit proche de %Lg_INTERVAL, si `<VALEUR>` est entré, %Lg_INTERVAL prend cette valeur, et est affichée dans la ligne en bas de l'écran.

- aux éléments d'une `<ligne>` définie par `<element1> <element2>`
- aux éléments d'une `<composante>` désignée par `<element3>`
- à tous les éléments de la B.D.
- à un élément seulement `<element4>`.

5.2.3 Définition de la raison

```

RAISON *<VALEUR>      *( LIGNE      *(( <VALEUR> | ")<element1> <element2>)
                        | COMPOSANTE *(( <VALEUR> | ")<element3>)
                        | TOUT
                        |              ( <VALEUR> | ")<element4> )

```

Permet d'affecter %RAISON comme raison, si <VALEUR> est entré, %RAISON prend cette valeur, et est affichée dans la ligne en bas de l'écran.

- aux éléments d'une <ligne> définie par <element1> <element2>
- aux éléments d'une <composante> désignée par <element3>
- à tous les éléments de la B.D.
- à un élément seulement <element4>.

5.2.4 Définition du numéro de référence d'extrémités

```

REF_NOEUDS *<VALEUR>      *( LIGNE      *(( <VALEUR> | ")<element1> <element2>)
                        | COMPOSANTE *(( <VALEUR> | ")<element3>)
                        | DOMAINE      *(( <VALEUR> | ")<element4>)
                        | TOUT
                        |              ( <VALEUR> | ")<element5> )

```

Permet d'affecter %NUREF comme numéro de référence des extrémités des éléments d'une ligne, ou d'une composante, ou d'un domaine, ou de tout les ligne, si <VALEUR> est entré, %NUREF prend cette valeur, est affichée dans la ligne en bas de l'écran.

- aux extrémités des éléments d'une <ligne> définie par <element1> <element2>
- aux extrémités des éléments d'une <composante> désignée par <element3>
- aux extrémités des éléments d'un <domaine> désigné par <element4>
- à toutes les extrémités des éléments de la B.D.
- aux extrémités d'un élément seulement <element5>.

Si les éléments désignés sont des fissures <VALEUR> sera affecté à l'extrémité et du côté où est cliqué l'élément, la LIGNE ou la COMPOSANTE et par continuité sur les extrémités des éléments adjacents aux extrémités. En effet un élément fissure possède à sa gauche ou/et sa droite un numéro références de ligne et 2 numéros de références aux extrémités. Ces numéros peuvent être identiques ou différents, s'ils sont différents l'élément est nécessairement une fissure.

5.2.5 Définition du numéro de référence de lignes

```

REF_LIGNE *<VALEUR>      *( LIGNE      *(( <VALEUR> | ")<element1> <element2>)
                        | COMPOSANTE *(( <VALEUR> | ")<element3>)
                        | DOMAINE      *(( <VALEUR> | ")<element4>)
                        | TOUT
                        |              ( <VALEUR> | ")<element5>)

```

Permet d'affecter %NUREF comme numéro de référence des éléments, si <VALEUR> est entré, %NUREF prend cette valeur, et est affichée dans la ligne en bas de l'écran.

- aux éléments d'une <ligne> définie par <element1> <element2>
- aux éléments d'une <composante> désignée par <element3>
- aux éléments d'un <domaine> désigné par <element4>
- à tous les éléments de la B.D.
- à un élément seulement <element5>.

Si les éléments désignés sont des fissures %NUREF sera affecté du côté ou est cliqué l'élément, la LIGNE ou la COMPOSANTE.

5.2.6 Fissurage des lignes

```
FISSURE  *(  LIGNE      *(<element1><element2>)
            | COMPOSANTE *<element3>
            | TOUT
            | <element4>  )
```

Permet de fissurer :

- les éléments d'une LIGNE définie par <element1> <element2>
- les éléments d'une COMPOSANTE désignée par <element3>
- tous les éléments de la B.D.
- un élément seulement <element4>.

Pour cela on affecte deux numéros de référence aux éléments (un à gauche et un à droite) et par continuité sur les extrémités. Il peut donc y avoir de multiples (> 2) références aux extrémités suivant le nombre de fissures y aboutissant.

5.2.7 Défissurage des lignes

```
DEFISSURE *(  LIGNE      *(<element1><element2>)
            | COMPOSANTE *<element3>
            | TOUT
            | <element4>  )
```

Permet de défissurer :

- les éléments d'une LIGNE définie par <element1> <element2>
- les éléments d'une COMPOSANTE désignée par <element3>
- tous les éléments de la B.D.
- un élément seulement <element4>.

C'est l'opération inverse du fissurage, on réduit le nombre de références à 1, en ne conservant que le numéro de gauche de la fissure.

5.2.8 Définition d'un numéro de référence de sous domaine

```
REF_DOMAIN *( <VALEUR> | <domaine> | TOUT )
```

Permet d'affecter <VALEUR> comme numéro de sous domaine au domaine <DOMAINE> désigné ou à tous les domaines définis. Si <DOMAINE> n'existe pas, on le crée.

5.2.9 Définition d'un domaine

```
DEF_DOMAI <element1> *( <element2> | INTERIEUR *( <point> | <element3> | <ligne> ) )
```

- Si <element1> n'appartient pas déjà à un domaine, alors on crée un domaine de numéro %NUREF ayant <element1> comme composante extérieure, et ses composantes intérieures sont désignées par les éléments <element2> suivants éventuels, ou bien ses éléments intérieurs sont définis par INTERIEUR suivi de <point> ou, les points intermédiaires de <element3> ou, les points intermédiaires des éléments de la <ligne>.
- Si <element1> appartient déjà à un domaine alors la composante désignée par <element2> est ajoutée aux composantes de ce domaine en position composante intérieure.

5.2.10 Ajout d'éléments intérieurs à un domaine

```
INTERIEUR *( <element1> *( <point> | <element2> | <ligne> ) )
```

Permet d'ajouter des éléments intérieurs à un domaine désigné par l'élément <element1>. Les éléments intérieurs pouvant lui être rajoutés sont: <point> ou les points intermédiaires de l'<element2> ou les points intermédiaires des éléments de la <ligne>.

5.2.11 Vérification de la bonne définition d'un domaine

```
VERIFIER *( TOUT | <element> )
```

- Permet de vérifier si un domaine désigné par <element> est correctement défini.
- Permet de vérifier si tous les domaines sont correctement définis. (composantes intérieures de surfaces négatives, etc...)

5.2.12 Retrait d'éléments à un domaine

```
RETIRER *( INTERIEUR *( <point> | <element1> )
| DOMAINE * <element2>
| TOUT
| <element3> )
```

Permet de retirer

- un élément <element1> ou, un <point> intérieur à un domaine désigné par cet <element1> ou ce <point>
- un domaine désigné par <element2>
- tous les domaines
- la composante désignée par <element3> d'un domaine. On ne peut pas le faire si cette composante est extérieure car la première composante trou deviendrait extérieure... (C.f. structure interne des données).

5.2.13 Mode de maillage d'un domaine

TRIANGLE *(<domaine>

Demande que le <domaine> soit découpé en triangles en utilisant un algorithme de Voronoï[7]

```
QUADRANGLE *(<domaine>
  ( <ligne>
    | <element>
    | ( EXTREMITE<element1> EXTREMITE<element2>
        EXTREMITE<element3> EXTREMITE<element4> )
    | " ) )
```

Demande que le <domaine> soit homéomorphe à un carré (quadrangle déformé) et on va faire un maillage structuré (de type différences finies NxM) dans ce sous domaine quadrangulaire. Celui-ci sera découpé en quadrangles sauf si on change le mode de découpage avec (5.2.14) Il y a deux façons de décrire le domaine quadrangulaire (4 côtés ou 4 sommets):

- le premier côté du domaine est défini par la ligne <ligne> ou, par l'élément <element> ,
- on énumère les 4 sommets du domaine en donnant les 4 extrémités d'éléments qui les définissent (on doit énumérer les 4 sommets en tournant dans le sens positif).

5.2.14 Mode de découpage d'un domaine quadrangulaire

REGULIER *(<domaine> <VALEUR>)

Demande que dans le <domaine> la découpe des quadrangles en triangles (c.f. brochure APNOPO de MODULEF) se fasse de façon:

- régulière à droite (valeur=2)
- régulière à gauche (valeur=1)
- non régulière (valeur=0)

selon la valeur.

COINS *(<domaine> <VALEUR>)

Demande que dans le <domaine> la découpe des quadrangles en triangles se fasse en traitant ou en ne traitant pas les coins selon la valeur (Y = 0 / NO ≠ 0).

5.2.15 visualisation de domaines ou de composantes

VOIR DOMAINE *(<domaine> | <composante> | TOUT)

Permet de visualiser en traits épaissis le <domaine> ou la <composante> désigné par un de ses éléments. Cette action est utile pour "debugger" un maillage (problème d'intersection, erreur d'arrondi).

5.2.16 Génération du fichier d'entrée de APNOXX

GENERER

Permet d'effectuer la génération du fichier pour APNOXX (Modulef).

- Ce fichier aura comme nom XXX donné par l'utilisateur suffixé par .DATA.
- Ce fichier demande à APNOXX de générer un NOPO de nom XXX.NOPO.

Le programme ne prend en compte que les domaines précédemment définis.

6 L'APPLICATION EDIT_MESH

6.1 Présentation

Cette application est dirigée par le menu de l'application (figure 20) en haut de l'écran et le menu de désignation (figure 12) en bas de l'écran. Elle permet d'éditer un maillage 2D formé de triangles et quadrangles, obtenu soit en commutant de l'application **CONSTRUCTION** ou **PREP_MESH** à l'application **EDIT_MESH**, soit en restaurant un maillage (c.f. les menus généraux). Les possibilités sont brièvement : ajouter, supprimer, bouger des sommets du maillage; retourner l'arête coupant un quadrilatère, *quadrangler*, *triangler*, régulariser (mettre les sommets au barycentre de ses voisins), rendre le maillage de Delaunay, modifier les références du maillage (frontières et sous domaines), transformer géométriquement un sous domaine, renuméroter, fissurer.

REGULARISER	DELAUNAY	AJOUTER	BOUGER	SUPPRIMER	RETOURNER	→
						→
						→
RENUMEROTER	TOUT	ORIGINAUX	EVALUER	ROTATION	TRANSLATION	→
						→
						→

←	MODIF_REF	FISSURE	TRIANGULER	ANGLE MIN	MARK ELEMENT
←					
←					
←	SYMETRIE	HOMOTHETIE	QUADRANGULER	ANGLE MAX	FRONTIERE
←					
←					

Figure 20: Le menu de l'application EDIT_MESH

6.2 Généralités

Les nouveaux types de désignation de l'application sont :

- si le mode de désignation est ELEMENT, on désigne un élément de type <ELEMENT> qui est un "élément fini" (triangle ou quadrangle) (il suffit de cliquer dans l'élément fini);
- si le mode de désignation est ARETE, on désigne un élément de type <ARETE> qui est une arête d'un élément du maillage (il suffit de cliquer dans un élément contenant cette arête et près de celle-ci);
- si le mode de désignation est SOMMET on désigne un élément de type <SOMMET> qui est un sommet d'un élément du maillage (il suffit de cliquer dans un élément contenant ce sommet et près de celui-ci);
- si le mode de désignation est S_DOM, on désigne un élément de type <S_DOM> qui est la composante connexe bornée par les frontières internes ou externes, et contenant l'élément fini cliqué.

De plus on utilisera souvent la notation <point> pour désigner un point <POINT>, <COORD> ou <SOMMET>.

<point> = <POINT> | <COORD> | <SOMMET>;

6.2.1 Définition des variables d'état de l'application

- **MARK_ELEMENT** permet de visualiser les éléments dont les angles sont hors des bornes (angle minimal, angle maximal pour les triangles ou pour les quadrangles).
- **(TRIANGULER|QUADRANGULER) ANGLE_MIN *<VALEUR>** permet de changer la valeur minimale des angles en degrés des triangles ou des quadrangles.
- **(TRIANGULER|QUADRANGULER) ANGLE_MAX *<VALEUR>** permet de changer la valeur maximale des angles en degrés des quadrangles ou triangles.
- **FRONTIERE** permet de bouger ou non les points frontières non extrémités (flip flop), initialement on ne peut pas déplacer les points frontières avec les actions **BOUGER**, **REGULARISER**.

6.3 EDITION DU MAILLAGE

Les actions d'édition du maillage sont :

6.3.1 Bouger un sommet

```
BOUGER *(<SOMMET> <point> | FRONTIERE)
```

Cette action permet de bouger le sommet désigné (qui peut être frontière suivant la valeur de la variable d'état **FRONTIERE**) pour le déplacer au second point désignée) qui peut être soit un *point_tablette* (défini avec la souris), un *point_xy* (défini avec (x,y), 2 valeurs calculette), un *point* de BD, ou un *sommet* (dans ce cas dernier cas, on prend comme nouveau sommet la position du curseur et non le sommet désigné). Remarque: si l'on bouge un point frontière on déplace le point sur celle-ci.

6.3.2 Ajouter un sommet au maillage

```
AJOUTER *(<SOMMET> | <ELEMENT>)
```

Cette action permet d'ajouter un sommet dans l'élément du maillage contenant le point désigné. Si l'élément désigné est un quadrangle on commence par le couper en 2 triangles. On ajoute un sommet au triangle désigné en le coupant en 3 triangles (les coordonnées du point ajouté sont celles du curseur), puis on rend le maillage *triangulaire* voisin de Delaunay.

6.3.3 Supprimer un sommet du maillage

```
SUPPRIMER *(<SOMMET> | <S_DOM>)
```

Cette action permet de supprimer:

1. soit un sommet non frontière du maillage et de remailler le trou généré,
2. soit un sous domaine.

6.3.4 Retourner une arête du maillage

```
RETOURNER *( <ARETE>)
```

Cette action permet de retourner l'arête interne du quadrilatère défini avec les 2 triangles adjacents à cette arête à condition que les triangles générés soient corrects.

6.3.5 Maillage de Delaunay

```
DELAUNAY *( <ELEMENT> | <S_DOM> | TOUT )
```

Cette action permet de forcer le maillage à satisfaire le critère de Delaunay pour les triangles (les seuls sommets du maillage contenus dans le cercle circonscrit à un triangle sont les sommets du triangle).

1. soit dans le voisinage du triangle désigné,
2. soit dans tout le sous domaine désigné,
3. soit dans tout le maillage.

6.3.6 Régularisation du maillage

```
REGULARISER *( <SOMMET> | <ELEMENT> | <S_DOM>
                | TOUT | ORIGINAUX | FRONTIERE)
```

Cette action permet de régulariser le maillage ou une de ses parties. C'est-à-dire que l'on met tour à tour les sommets de la partie au barycentre de ses voisins. On déplace les points frontières si cela est autorisé (c.f. variable d'état).

Remarque: si l'on bouge un point frontière on déplace le point sur celle-ci.

6.3.7 Trianguler

```
TRIANGULER *( <ELEMENT> | <S_DOM> | TOUT | ORIGINAUX
               | ANGLE_MIN | ANGLE_MAX )
```

Cette action permet de trianguler le maillage ou une partie et de modifier les variables d'état angle minimal ou maximal des triangles.

6.3.8 Quadranguler

```
QUADRANGULER *( <ELEMENT> | <ARETE> | <S_DOM>
                 | TOUT | ORIGINAUX
                 | ANGLE_MIN | ANGLE_MAX )
```

Cette action permet de "quadranguler" le maillage ou une partie de celui-ci.

1. si on désigne un *élément* et si l'élément désigné est un triangle et que ses 3 éléments adjacents sont aussi des triangles alors on génère 3 quadrangles si ceux-ci sont *valides* (convexes et avec les angles compris entre les angles min et max (c.f. variable d'état));
2. si l'on désigne une *arête* et si les 2 éléments adjacents sont des triangles et si l'arête n'est pas frontière de sous domaines alors on génère le quadrangle formé des 2 triangles si celui-ci est *valide*;
3. si l'on désigne un *sous domaine* alors on essaie de "quadranguler" tout le sous domaine (la méthode dépend de l'élément désigné pour définir le sous domaine), *attention on "requadrangule" tout le sous domaine et même les quadrangles déjà existants*;

4. si vous cliquez dans l'ITEM TOUT ou, dans l'item ORIGINAUX alors on essaie de "quadrangler" tout le maillage (il peut rester des triangles si le nombre d'arêtes frontières est impair ou si les angles sont mauvais).
5. si vous cliquez dans l'ITEM ANGLE_MIN (Resp. ANGLE_MAX), on modifie la variable d'état angle minimal (resp. maximal) des quadrangles.

6.3.9 Fissurer

FISSURER *(<ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE>)

Cette action permet de générer ou de supprimer des fissures dans le maillage. Si l'élément de la BD (arc, segment ou spline) est fissuré alors on le défissure sinon on le fissure. Une fissure dans un maillage est une ligne ou un ensemble de lignes tel que les sommets qui sont de part et d'autre de la ligne soient différents. *Sur les dessins on écarte les sommets fissurés pour visualiser la fissure mais cela n'est qu'un artifice graphique.*

6.3.10 Modifier les références du maillage

MODIF_REF *(<VALEUR>
 *(<ARC> | <SEGMENT> | <SPLINE>
 | <SOMMET> | <ARETE> | <S_DOM>))

Cette action permet de modifier les références des différentes parties d'un maillage.

Attention la référence d'un sommet est la référence de l'élément de BD le supportant (un point si c'est une extrémité), de même pour les arêtes. Si l'élément est fissuré alors il y a 2 références, une à gauche et une à droite.

6.3.11 Renommer les sommets du maillage

RENUMEROTER

Cette action permet de renuméroter les sommets du maillage dans le but de diminuer la largeur de bande ou le profil de la matrice élément fini correspondante (P_1 ou Q_1 lagrange)

6.4 LES TRANSFORMATIONS

Les transformations s'appliquent : soit à des sous domaines, soit à tout le domaine, soit seulement aux sous domaines originaux (c'est-à-dire à tous les sous domaines dessinés en trait continu). Remarque: un sous domaine transformé (non original) n'est défini que par un pointeur sur le sous domaine original, et par la transformation affine (matrice 2×3), ce qui implique que toute modification (bouger, ajouter, supprimer,...) du sous domaine d'origine sera répercutée sur ses transformés. De plus les sous domaines originaux sont affichés en traits continus et les transformés sont affichés en traits pointillés. Pour générer effectivement tous les sous domaines transformés il faut cliquer dans l'ITEM EVALUER, ces sous domaines devenant alors des sous domaines originaux (on a évalué l'expression définissant le maillage).

Attention tant que les sous domaines transformés ne sont pas évalués, les éléments de BD frontières de ces sous domaines n'existent pas encore.

Un point <point> désignera soit un sommet, soit un point tablette, soit un point xy, soit un point immédiat. La syntaxe est :

<une_transformation> (TOUT | ORIGINAUX | <S_DOM>*)

C'est à dire que la transformation après être définie sera appliquée à tous les sous domaines, ou aux sous domaines originaux (en trait continu), ou bien aux sous domaines explicitement désignés.

La transformation est soit une translation, soit une symétrie, soit une rotation, ou soit une homothétie. C'est à dire syntaxiquement:

```
<une_transformation> = <translation> | <symetrie>
                       | <rotation>   | <homethetie>;
```

elles sont définies comme suit :

6.4.1 Translation

```
<translation> = TRANSLATION <point> <point>
```

Définit la translation allant du premier point au second.

6.4.2 Symétrie

```
<symetrie> = SYMETRIE (<point_coor> <point_coor> | <SEGMENT> | <ARETE>)
```

Définit la symétrie par rapport à la droite qui supporte le segment ou l'arête désigné, ou qui passe par les 2 points désignés.

6.4.3 Rotation

```
<rotation> = ROTATION (<point> <VALEUR> | <VALEUR> <point>)
```

Définit la rotation autour du point, d'angle égal à la valeur définie avec la calculette.

6.4.4 Homothétie

```
<homothetie> = HOMOTHETIE (<point> <VALEUR> | <VALEUR> <point>)
```

Définit l'homothétie de centre le point et de rapport égal à la valeur.

6.4.5 Générer effectivement les transformations

```
EVALUER
```

Cette action permet de générer effectivement tous les sous-domaines transformés afin de pouvoir les éditer indépendamment de leur original. Cette action crée et transforme aussi tous les éléments (segments, arcs, splines) référencés par les sous domaines transformés.

6.4.6 Exemple de transformation

Pour symétriser des sous domaines, il suffit de cliquer dans l'item SYMETRIE puis soit de désigner 2 points, soit un segment ou soit une arête, puis de désigner soit les sous domaines à transformer, soit de cliquer dans l'item TOUT ou soit dans l'item ORIGINAUX puis avant de sauver le maillage sous une forme autre que "mesh" cliquer dans l'item EVALUER.

7 Exemple

7.1 Le carré unité troué

Dans cette section nous montrons comment mailler un carré unité troué. Il faut commencer par exécuter le programme emc2 et entrer le numéro du "device" graphique de F3D et de plus répondre à quelques questions supplémentaires (*dépend de l'implémentation de F3D*).

7.1.1 Construction du carré unité troué

1. Cliquer dans l'item **POINT** du menu construction
2. Cliquer dans l'item **PT_XY** du menu désignation
3. Taper au clavier $0=0=1=0=0=1=1=1=.5=.5=$, 5 points s'affichent au milieu de l'écran car l'échelle est égale à 1
4. Cliquer dans l'item **VOIR.TOUT** pour bien voir les 5 points. Le 5^{ième} point sera le centre du trou.
5. Cliquer dans l'item **SEGMENT** du menu construction (en haut, celui du bas est l'item **SEGMENT** du menu de désignation)
6. Cliquer dans l'item **POINT** du menu désignation (en bas)
7. Cliquer dans la fenêtre graphique sur les points extrémités des 4 segments à créer après chaque couple de cliques, un segment est construit; donc il faut cliquer 8 fois par exemple près des 8 points suivant $(0,0),(1,0),(1,0),(1,1),(1,1),(0,1),(0,1),(0,0)$ dans cet ordre.
8. Cliquer dans l'item **CERCLE** du menu construction (en haut) puis cliquer dans l'item **CENTRE**
9. Cliquer dans la fenêtre graphique près un point $(.5,.5)$ (on est toujours en désignation de point)
10. Cliquer dans l'item **RAYON**
11. Taper au clavier $1/4=$ (un cercle de centre $(.5,.5)$ et de rayon $1/4$ s'affiche), *attention le cercle comme la droite n'est qu'un support de construction donc il faut le transformer en arc*
12. Cliquer dans l'item **ARC** du menu pour construire des arcs
13. Cliquer dans l'item **IDEM**
14. Cliquer dans l'item **CERCLE** du menu désignation (pour désigner le cercle)
15. Cliquer dans la fenêtre graphique (comme il n'y a qu'un cercle on ne peut que désigner celui-ci). Le cercle ne servant plus, on le détruit.
16. Cliquer dans l'item **DETRUIRE** du menu général (à gauche)
17. Cliquer dans la fenêtre graphique (le cercle et l'arc disparaissent car il sont superposés). *Attention on est toujours en mode de destruction.*
18. Cliquer dans l'item **RAFRAICHIR** pour réafficher (*l'arc est toujours là*)

On a fini la construction de la géométrie (figure 21).

On peut passer à l'application **PREP_MESH**.

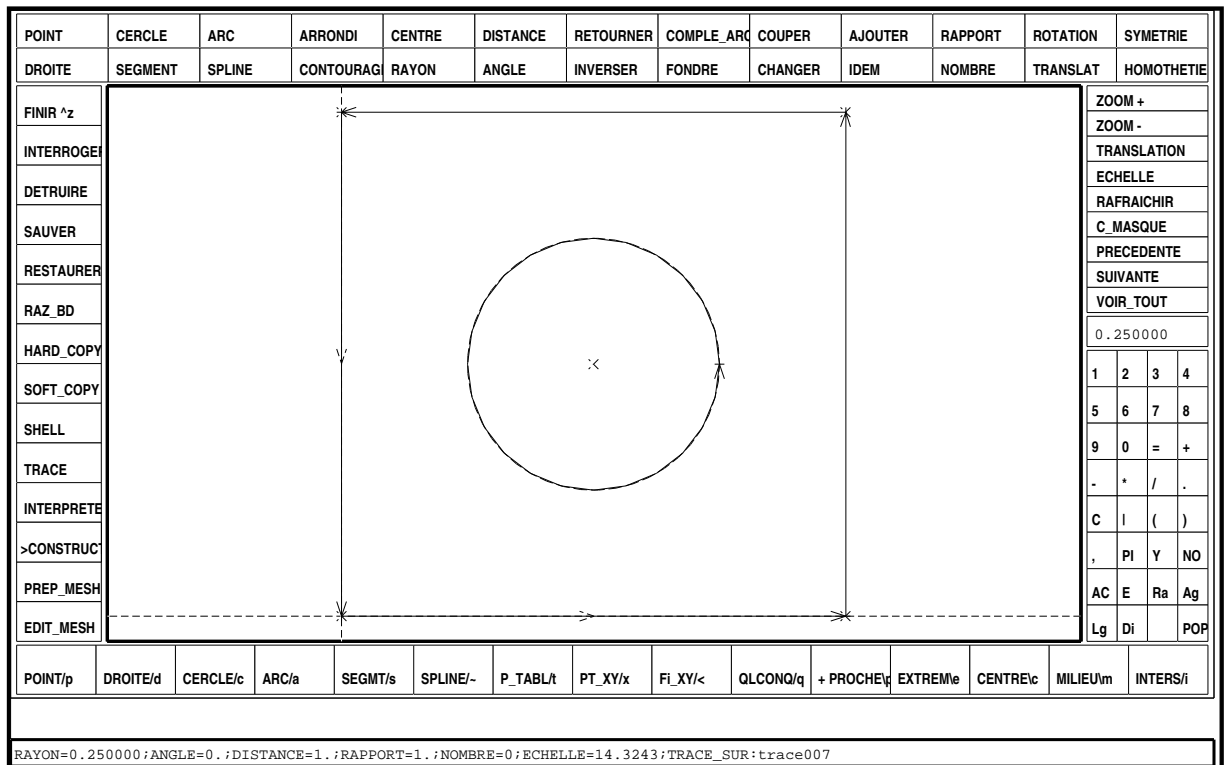


Figure 21: La géométrie du domaine carré troué

7.1.2 Définition de la discrétisation sur la frontière

1. Cliquer dans l'item **PREP_MESH** du menu général
 2. Cliquer dans l'item **NB_INTERVAL** du menu de l'application (en haut)
 3. Taper au clavier **4=**
 4. **TOUT** du menu de l'application (en haut) (tous les éléments sont découpés en 4 intervalles)
 5. Taper au clavier **12=**
 6. Puis cliquer dans la fenêtre graphique près de l'arc qui se découpe en 12 intervalles). On n'a pas besoin de changer de mode de désignation.
 7. Cliquer dans l'item **SAUVER** du menu général
 8. Taper le nom de fichier **carre_troue(CR)**, on a créé le fichier **carre_troue.emc2_bd**
- le fichier **carre_troue.emc2_bd** :

```
-- TYPE N BD(1) BD(2) BD(3) BD(4) BD(5) NBNODE RAISON NUREFG NUREFD NUREF1G NUREF1D NUREF2G NUREF2D FIS'
'DROITE'      1 -1.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 0.000000 0 0 0 0 0 0 F
'DROITE'      2 -1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 0.000000 0 0 0 0 0 0 F
'POINT'       3 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'POINT'       4 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'POINT'       5 0.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'POINT'       6 0.000000 1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 0.000000 0 0 0 0 0 0 F
'POINT'       7 0.000000 0.500000 0.500000 0.000000 0.000000 0.000000 0 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'SEGMENT'     8 -3.000000 0.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 5 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'SEGMENT'     9 -3.000000 1.000000 0.000000 1.000000 1.000000 0.000000 5 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'SEGMENT'    10 -3.000000 1.000000 1.000000 0.000000 1.000000 0.000000 5 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
```

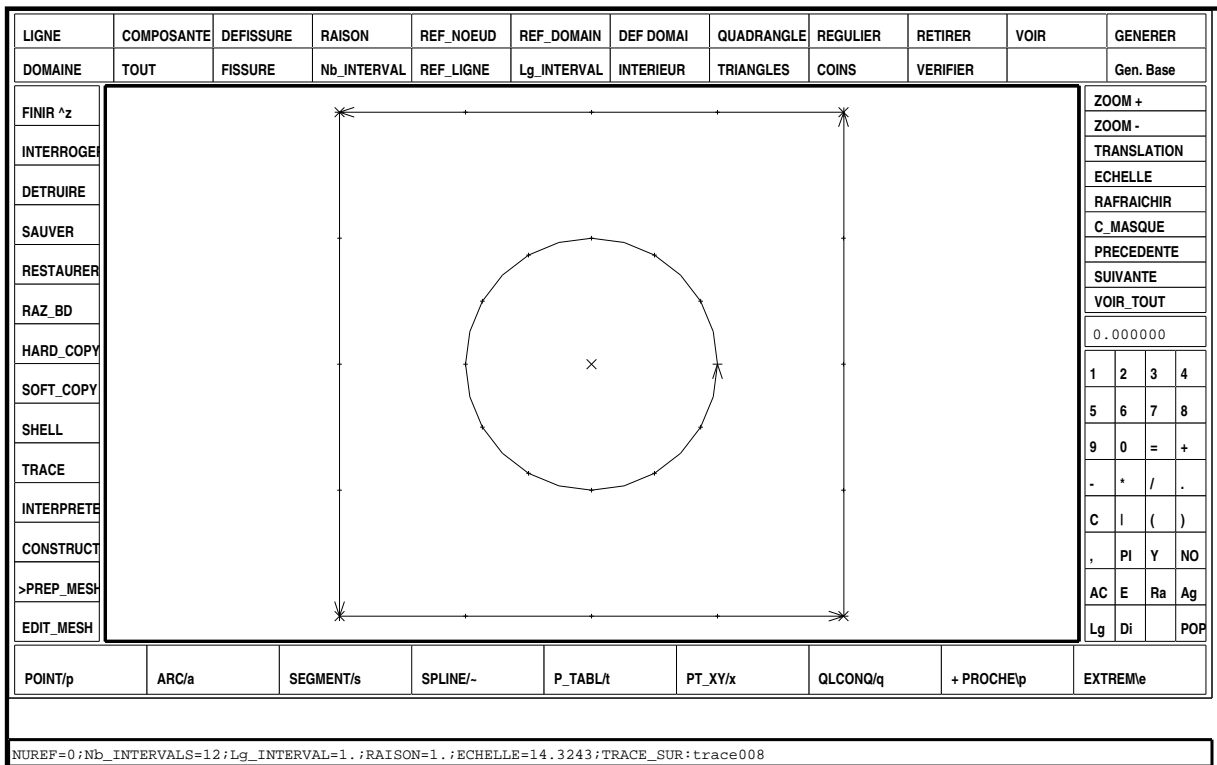


Figure 22: La discrétisation des lignes du domaine carré troué

```
'SEGMENT'      11 -3.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 5 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'CERCLE'       12 0.250000 0.500000 0.500000 0.000000 0.000000 0.000000 2 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'ARC'          13 -2.000000 0.500000 0.500000 0.750000 0.500000 6.283185 13 1.000000 0 0 0 0 0 0 F
'MASQUE' 0 -0.4632312 1.465731 -5.0000010E-02 1.052500 0.000000 0.000000 0 0. 0 0 0 0 0 0 F
'RAYON' 0 0.250000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'ANGLE' 0 0.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'DISTANCE' 0 1.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'RAPPORT' 0 1.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'NOMBRE' 0 0.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'ECHELLE' 0 14.32432 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'NUREF' 0 0.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'NB_INTERVALS' 0 12.00000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'RAISON' 0 1.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
'NUSD' 0 1.000000 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0 0 0 0 0 0 F
```

On a fini la préparation un maillage (figure 22)

7.1.3 Génération et écriture du maillage

1. Cliquer dans l'item **EDIT_MESH** du menu général pour activer l'application **EDIT_MESH** puis taper 4 (CR) au clavier pour prendre les options par défaut du mailleur. Le maillage s'affiche et le trou est maillé. On va supprimer le maillage du trou:
2. Cliquer dans l'item **S_DOM** du menu désignation.
3. Cliquer dans l'item **SUPPRIMER** du menu **edit_mesh** (en haut).
4. Cliquer dans le cercle maillé, le maillage du trou disparaît.
5. Cliquer dans l'item **SAUVER** puis taper le type de sauvegarde par exemple **am_fmt**(CR) puis le nom du fichier **carre_troue**(CR), un fichier **carre_troue.am_fmt** est généré.

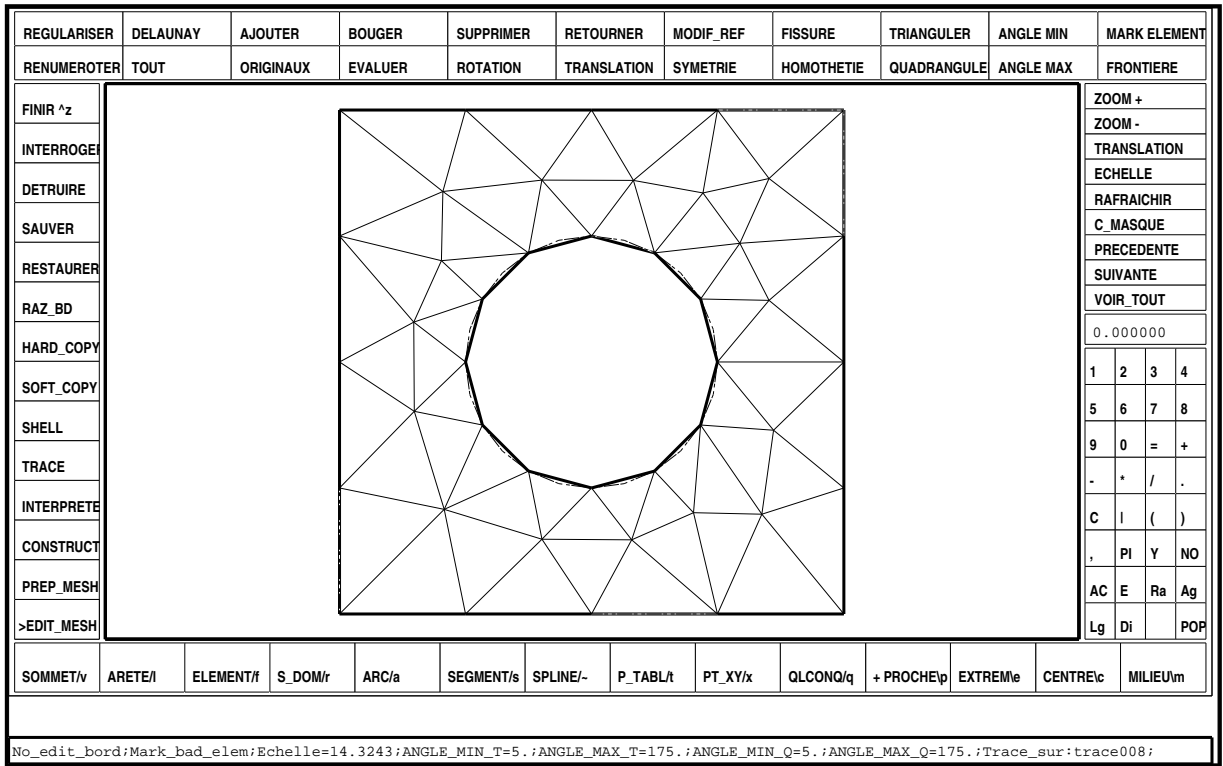
6. Cliquer dans l'item FINIR pour sortir d'Emc²

Figure 23: Le maillage final du domaine carré troué

le fichier `carré_troué.am_fmt` :

```

44 60  -- nbs,nbt
      1      2      29      25      24      29
      24     31     29      3      43     30
      15     16     31     22     34     23
      26     25     30     23     34     31
      32     27     43     28     27     32
      22     33     34     21     40     38
      4      32     43     34     15     31
      33     14     34     21     33     22
      5      6     39     20     42     40
      28     32     39     41     42     19
      7      8     36     18     36     37
      28     39     35     34     14     15
      12     13     38      6     35     39
      28     35     17     43     27     26
      38     13     14     23     31     24
      7      36     17     31     16     29
      11     12     40      3     30      2
      37      8     44     30     25     29
      41     10     42     30     29      2
      44     10     41     29     16      1
      35      6      7     17     35      7
      36      8     37     17     36     18
      41     37     44     18     37     19
      38     14     33     21     38     33
      39     32      4      5     39      4
      40     12     38     20     40     21
      42     10     11     37     41     19
      42     11     40     19     42     20
      43     26     30      4     43      3
      44      8      9     10     44      9

```

0.000000E+00	0.000000E+00	2.500000E-01	0.000000E+00
5.000000E-01	0.000000E+00	7.500000E-01	0.000000E+00
1.000000E+00	0.000000E+00	1.000000E+00	2.500000E-01
1.000000E+00	5.000000E-01	1.000000E+00	7.500000E-01
1.000000E+00	1.000000E+00	7.500000E-01	1.000000E+00
5.000000E-01	1.000000E+00	2.500000E-01	1.000000E+00
0.000000E+00	1.000000E+00	0.000000E+00	7.500000E-01
0.000000E+00	5.000000E-01	0.000000E+00	2.500000E-01
7.500000E-01	5.000000E-01	7.165064E-01	6.250000E-01
6.250000E-01	7.165064E-01	5.000000E-01	7.500000E-01
3.750000E-01	7.165064E-01	2.834937E-01	6.250000E-01
2.500000E-01	5.000001E-01	2.834936E-01	3.750001E-01
3.749999E-01	2.834937E-01	4.999999E-01	2.500000E-01
6.249999E-01	2.834936E-01	7.165062E-01	3.749999E-01
2.077567E-01	2.075703E-01	4.017089E-01	1.482612E-01
1.483122E-01	4.021604E-01	7.024530E-01	2.009149E-01
2.021900E-01	7.009841E-01	1.471843E-01	5.790281E-01
8.609530E-01	3.646002E-01	8.519265E-01	6.222693E-01
7.943417E-01	7.355210E-01	2.050139E-01	8.383228E-01
8.379703E-01	1.980158E-01	4.015485E-01	8.609668E-01
7.210978E-01	8.353896E-01	5.831956E-01	8.603261E-01
5.796704E-01	1.470356E-01	8.526899E-01	8.640727E-01
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

7.2 Une aile NACA0012

7.2.1 Introduction

La paramétrisation du naca0012 est pour $X \in [0, 1.008930411365]$

$$Y(X) = 5 \times 0.12(0.2969\sqrt{X} - 0.126X - 0.3516X^2 + 0.2843X^3 - 0.1015X^4)$$

Pour normaliser le naca0012, on utilise le changement de variables:

$$X = 1.008930411365x$$

$$Y = 1.008930411365y$$

Avec le petit programme fortran suivant:

```

PROGRAM NACA12
DOUBLE PRECISION X,Y,C,XX,YY
PARAMETER (C=1.008930411365D0)
INTEGER NB,I
C -----  ENTRER LE NOMBRE D'INTERVALLES  -----
READ *,NB
DO I=0,NB
C -----
C   POUR QUE LA PROGRESSION DES POINTS GENERE  |
C   SOIT PLUS DENSE AU VOISINAGE DE 0          |
C   4                                             |
C   ON PREND X PLUTOT QUE X                     |
C -----
XX= (DBLE(I)/DBLE(NB))**4
X = C*XX
Y = 5*.12*( 0.2969*SQRT(X) -0.126*X
+          -0.3516*X**2    +0.2843*X**3 -0.1015*X**4)

```

```

YY = Y / C
PRINT*, XX,YY
ENDDO
END

```

on génère le fichier "naca12.21pts" en l'utilisant avec 20 intervalles.
le fichier "naca12.21pts" :

```

0.0000000000000000 0.0000000000000000
6.2500000000000000E-06 4.4290213310617220E-04
1.0000000000000000E-04 1.7659364374154260E-03
5.0625000000000000E-04 3.9520447457293480E-03
1.6000000000000000E-03 6.9724900930098020E-03
3.9062500000000000E-03 1.0785816129632120E-02
8.1000000000000000E-03 1.5335254409279880E-02
1.5006250000000000E-02 2.0543538719326360E-02
2.5600000000000000E-02 2.6304013971036800E-02
4.1006250000000000E-02 3.2467169756843240E-02
6.2500000000000000E-02 3.8822480697810590E-02
9.1506250000000000E-02 4.5076893778196040E-02
0.1296000000000000 5.0833559338836810E-02
0.1785062500000000 5.5577241169031020E-02
0.2401000000000000 5.8675384962268570E-02
0.3164062500000000 5.9403968668221290E-02
0.4096000000000000 5.7000809116986590E-02
0.5220062500000000 5.0728415111155510E-02
0.6561000000000000 3.9881091560527040E-02
0.8145062500000000 2.3576580331835940E-02
1.0000000000000000 2.0060198232592660E-14

```

7.2.2 La construction de la géométrie

1. Cliquer dans l'item **SPLINE** du menu construction
2. Taper < au clavier ou cliquer dans l'item **Fi_XY** du menu désignation puis entrer le nom du fichier contenant les points du NACA0012 en tapant **naca12.21pts(CR)**, *la spline du naca s'affiche à l'écran*
3. Cliquer dans l'item **VOIR_TOUT** pour mieux voir la spline
4. On veut mailler l'extérieur du naca0012 pour cela il faut définir la frontière correspondant à l'infini que l'on placera à -5 en amont, +11 en aval et 8 orthogonalement. On construit les 3 points (-5,0),(0,8),(11,0)
 - Cliquer dans l'item **POINT** du menu construction (en haut)
 - Entrer au clavier **x-5=0=0=8=11=0=**
 - Cliquer dans l'item **VOIR_TOUT** (à droite)

On voit les 3 points. On va construire l'arc passant par ces 3 points:

- Cliquer dans l'item **ARC** du menu construction (en haut)
 - Cliquer dans l'item **POINT** du menu désignation (en bas)
 - Cliquer 3 fois respectivement près des points (-5,0),(0,8),(11,0)
5. Pour finir le domaine il suffit de construire les 2 segments allant de "l'infini" au naca.
 - Cliquer dans l'item **SEGMENT** du menu construction (en haut)
 - Cliquer 1 fois respectivement près des points
 - Cliquer près du point (-5,0)

- Cliquer dans l'item **PRECEDENTE** du menu gestion de l'écran (à gauche). On utilise le contexte d'affichage précédent qui met le naca plein écran.
- Cliquer près du point (0,0) (en dessous à gauche pour être sûr de désigner le premier point).
- Cliquer près du point (0,1) (en dessous à droite pour être sûr de désigner le dernier point).
- Cliquer dans l'item **SUIVANTE** du menu gestion de l'écran (à gauche), on voit tout les objets.

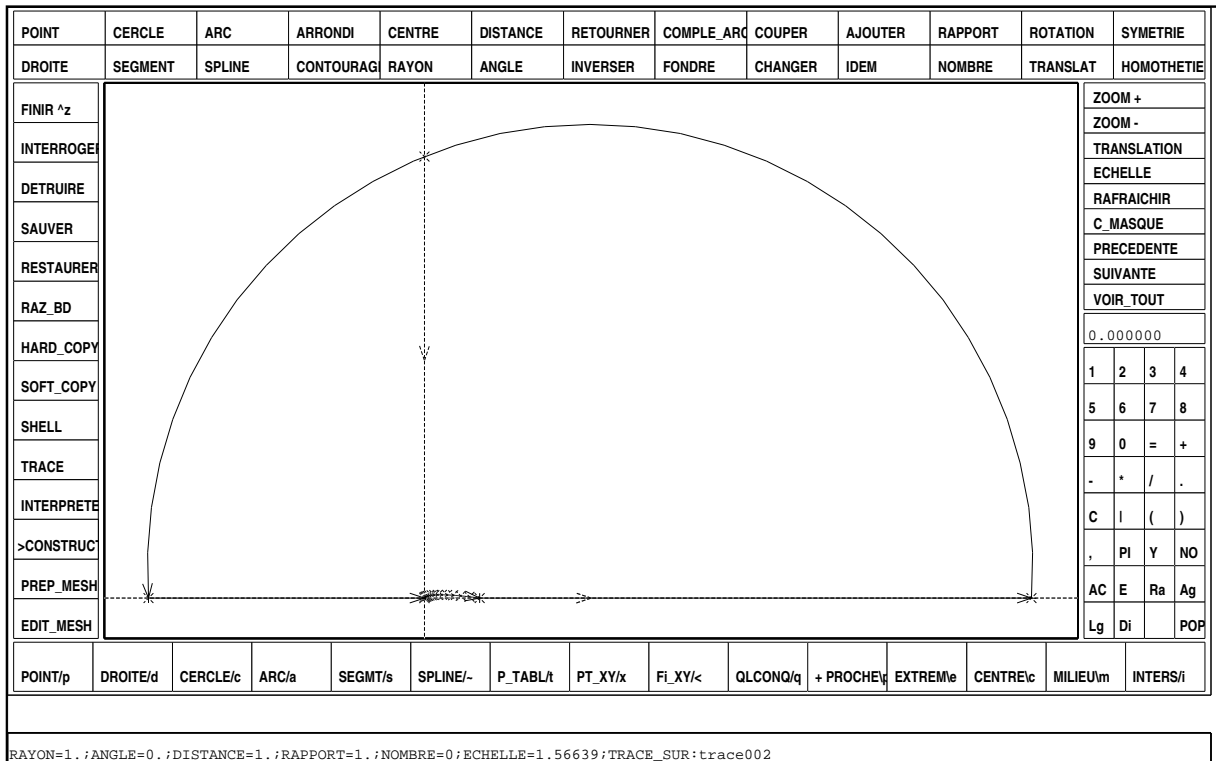


Figure 24: Toute la géométrie du naca0012 et de l'infini

On a fini théoriquement la construction du domaine géométrique (figures 24 et 25).

7.2.3 Discrétisation des contours

On passe dans l'application **PREP_MESH** pour définir la discrétisation des contours.

1. Cliquer dans l'item **PREP_MESH**
2. La discrétisation des lignes se fait comme suit :
 - Cliquer dans l'item **NB_INTERVAL** En vue de définir le nombre d'intervalles
 - Taper 26=
 - Cliquer près de l'arc (attention, on est en mode de désignation **QLCONQ** donc il ne faut pas cliquer près du point (8,0)). L'arc est discrétisé en 26 intervalles.
 - Taper 39=

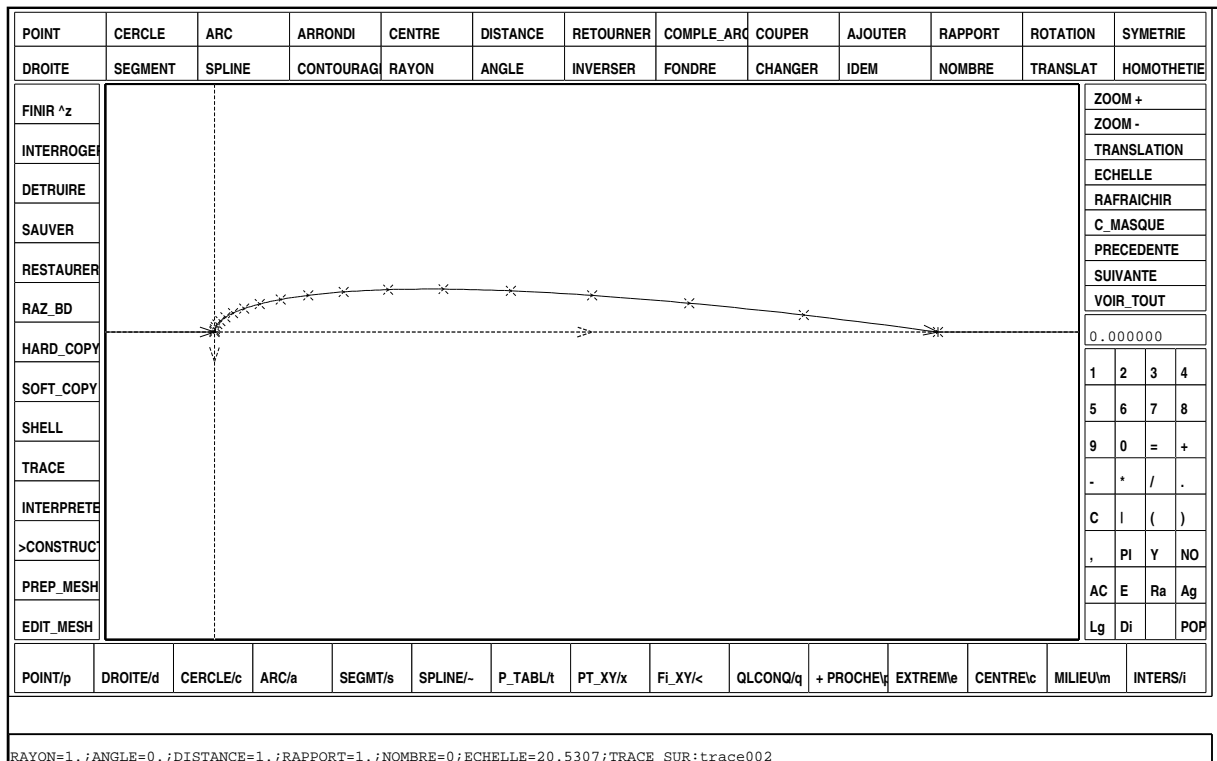


Figure 25: Zoom autour du naca0012

- Cliquer près du segment de gauche.
- Taper 30=.
- Cliquer près du segment de droite.
- Taper 50=.
- Cliquer dans l'item **SPLINE** du menu désignation.
- Cliquer dans la fenêtre graphique (il n'y a qu'une spline donc on la désignera).
- Cliquer dans l'item **RAISON** pour changer la répartition de point sur les lignes
- Taper 1.1=
- Cliquer près de la spline.
- Cliquer dans l'item **SEGMENT** du menu désignation.
- Cliquer près du segment de droite
- Taper 1/1.2=
- Cliquer près du segment de gauche

On a fini la définition de la discrétisation des lignes (figures 26 et 27).

7.2.4 Génération et édition du maillage

On génère le maillage en passant dans l'application **EDIT_MESH**.

1. Cliquer dans l'item **EDIT_MESH** puis taper 4 (CR) pour répondre par défaut aux 4 questions. Un maillage s'affiche (figure 28).

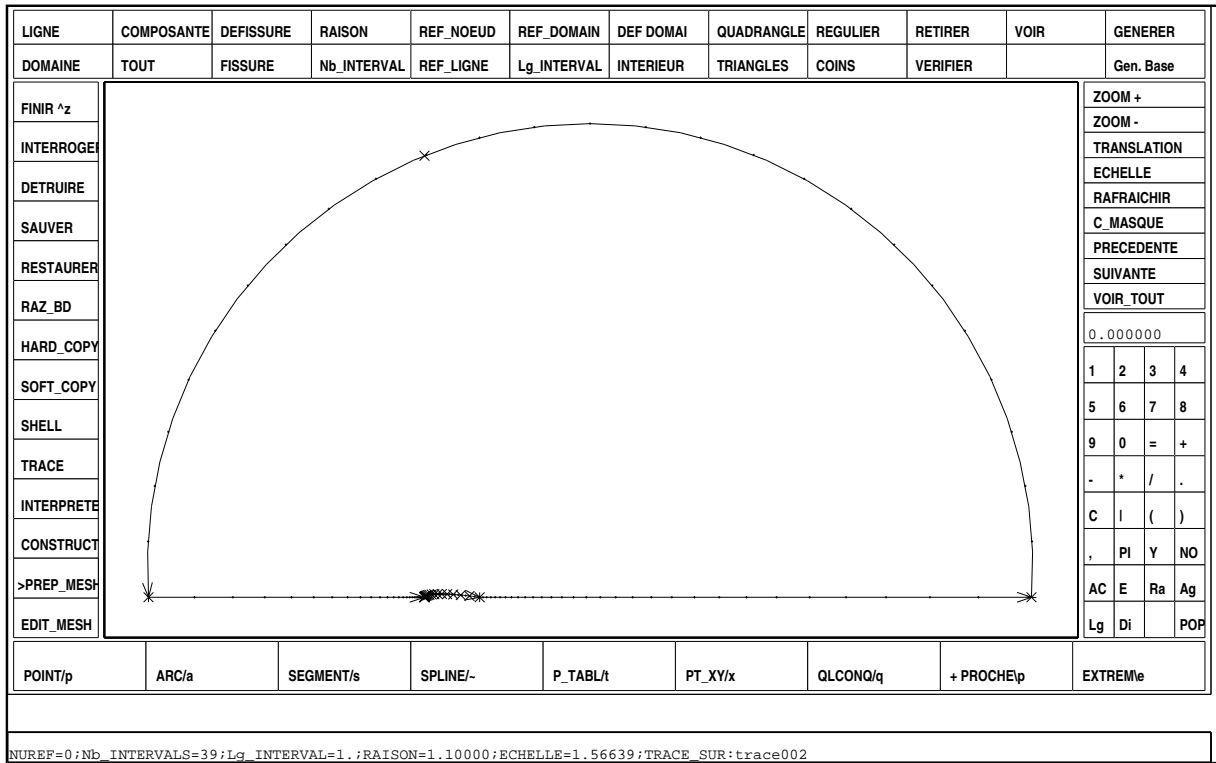


Figure 26: Vu de la discrétisation de tous les contours

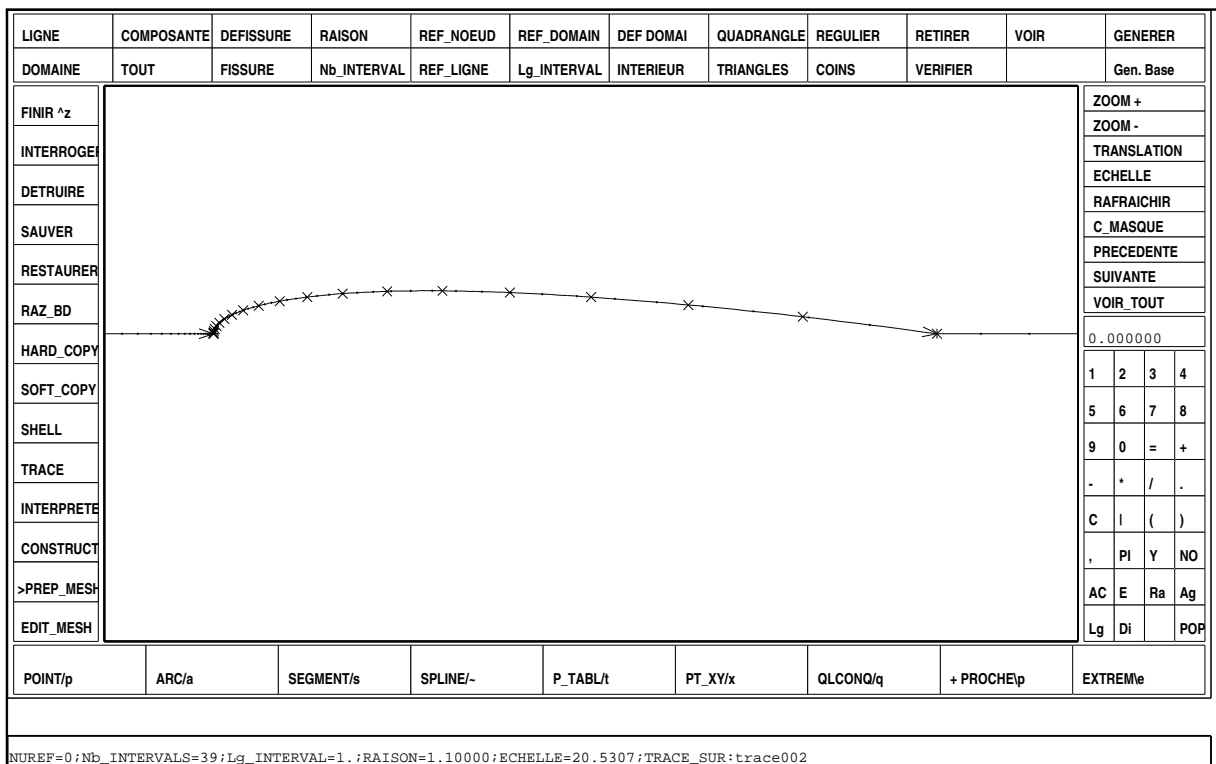


Figure 27: Zoom de la discrétisation des contours autour du naca

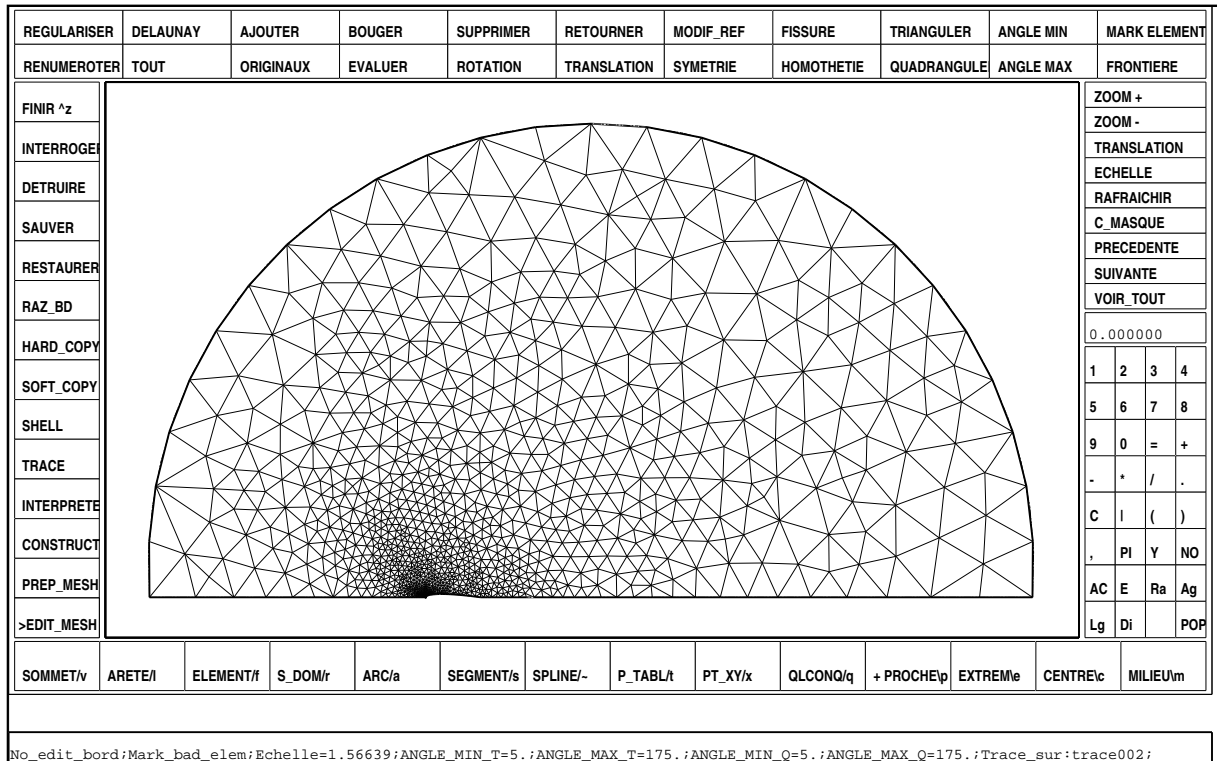


Figure 28: Maillage du demi naca0012

On définit des références en vue de la prise en compte des conditions aux limites : 1 sur l'infini Γ_∞ , 2 sur le NACA, 3 au bord de fuite.

2. Cliquer dans l'item MODIF_REF du menu l'application

- Taper 1= la référence courante est 1
- Cliquer dans l'item **SOMMET** du menu désignation pour passer en mode de désignation de sommet
- Cliquer dans la maillage près d'un sommet du maillage qui est sur l'arc et non une extrémité puis cliquer près des 2 extrémités toujours dans le maillage. *Tous les sommets de l'arc ont pour référence 1.*
- Taper 2= la référence courante est 2
- On fait un zoom autour du naca
 - Cliquer dans l'item **ZOOM +** du menu gestion de l'écran
 - Cliquer dans l'item **P_TABL** du menu désignation pour passer en désignation de point curseur
 - Cliquer 2 fois en désignant les 2 coins opposés dans un rectangle fictif contenant le naca. Si le zoom n'est pas assez fort recliquer dans l'item **ZOOM +** puis entre 2 autres coins opposés Pour avoir un zoom autour de debut du naca (coordonnées (0,0)):
 - * Cliquer dans l'item **C_MASQUE** puis taper **x0=0=** pour centrer la fenêtre graphique autour du point (0,0) (Le x est le raccourci de PIONT_XY)
 - * Cliquer dans l'item **ECHELLE** puis taper **1000=** pour avoir une échelle de 1000

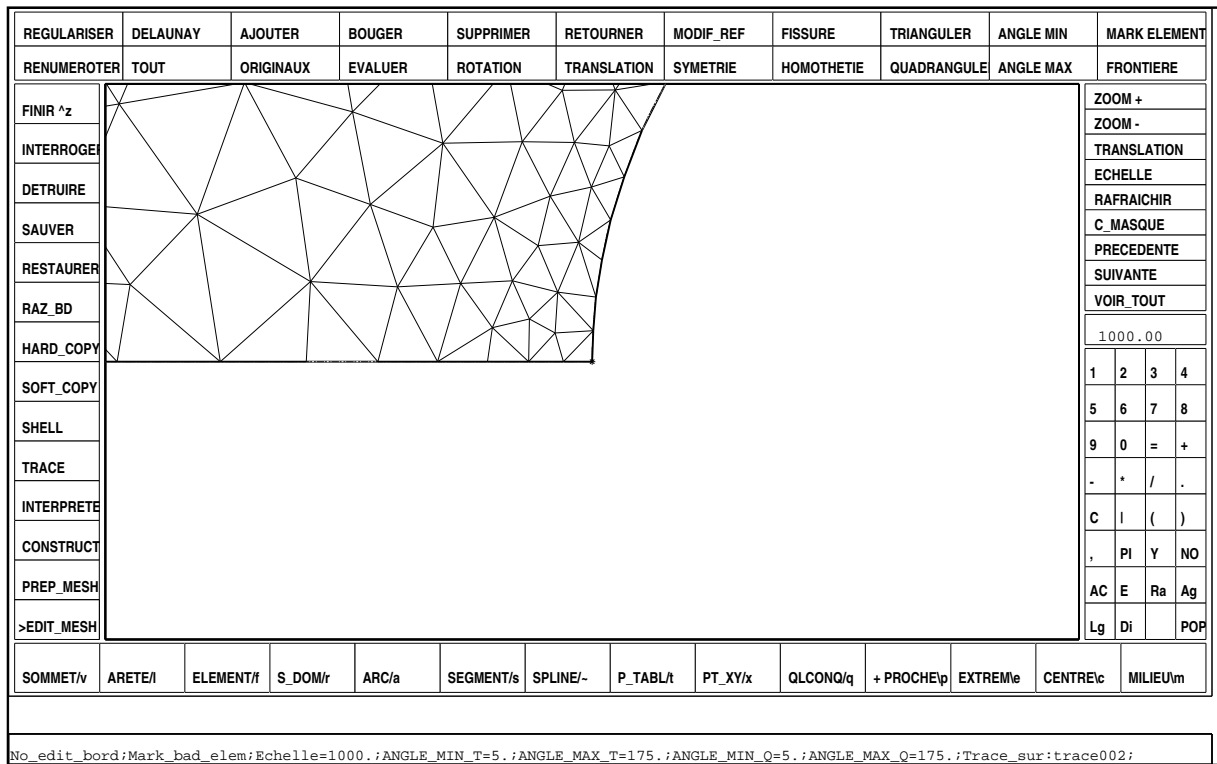


Figure 29: Zoom de 1000 du Maillage du demi naca0012

(figure 29)

- Cliquer dans l'item **SOMMET** du menu désignation pour repasser mode de désignation de sommet
- En cas d'erreur (l'item **MODIF_REF** n'est plus marqué) pour continuer, il suffit de recliquer dans celui-ci et de taper **2=** pour redéfinir la référence courante.
- Cliquer dans le maillage près d'un sommet du maillage qui est sur le naca et non une extrémité, puis cliquer dans le maillage près de l'extrémité aval (de coordonnées (0,0)).
- Cliquer dans l'item **C_MASQUE** puis taper **x0=1=** pour centrer la fenêtre graphique autour du point (0,1) qui est le bord de fuite.
- Taper **3=** la référence courante est 3
- Cliquer dans le maillage près du bord de fuite.

On a fini l'entrée des références. On sauve le maillage du demi naca.

3. Cliquer dans l'item **SAUVER**, taper **mesh(CR)** puis **naca12_5(CR)**. Le fichier *naca12_5.mesh* est créé.

on symétrise le maillage pour obtenir un maillage complet, on commence par changer le point de vue pour voir tout le naca.

4. Cliquer dans l'item **C_MASQUE** puis taper **x1/2=0=** pour centrer la fenêtre graphique autour du point $(\frac{1}{2}, 0)$
5. Cliquer dans l'item **ECHELLE** puis taper **10=** pour avoir une échelle de 10

6. Cliquer dans l'item SYMETRIE

- Cliquer dans l'item **SEGMENT** du menu désignation
- Cliquer près d'un des 2 segments
- Cliquer dans l'item **TOUT**, *tout le maillage est symétrisé, la partie symétrisée est affichée en traits pointillés (figure 30).*

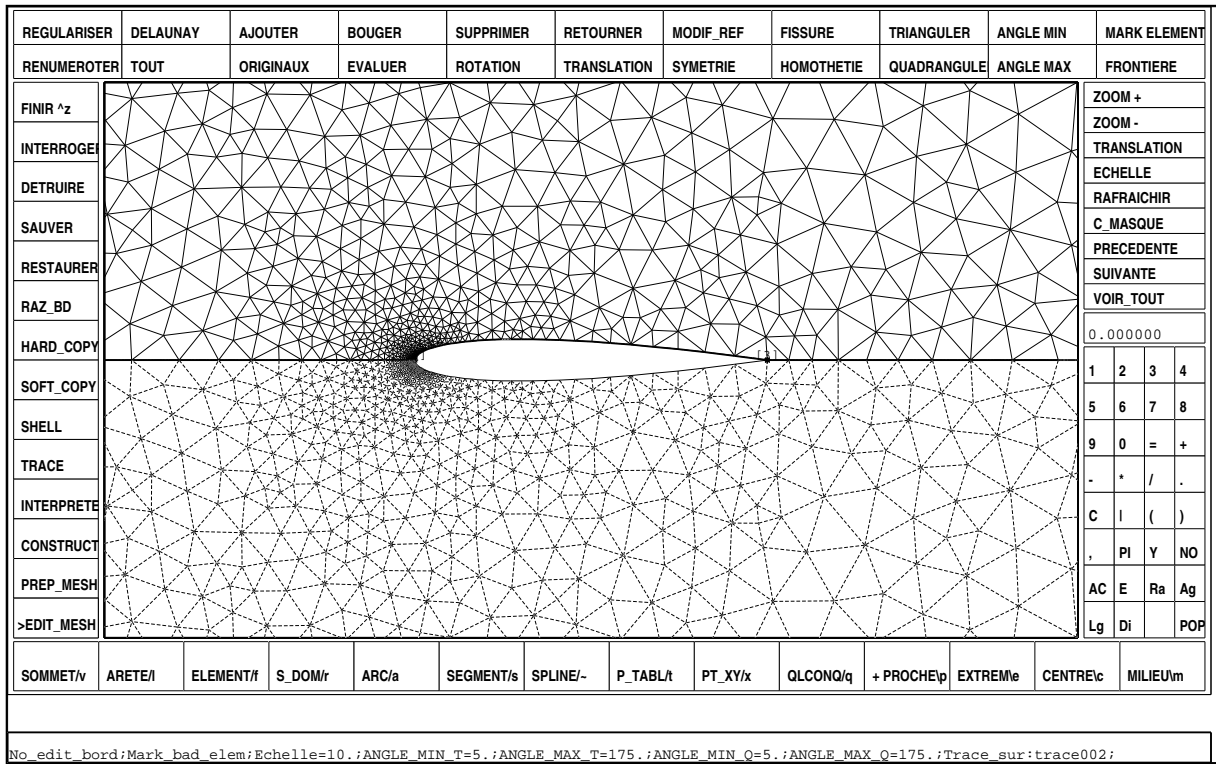


Figure 30: Zoom de 10 du maillage du naca0012 symétrisé

- Cliquer dans l'item **EVALUER** pour générer effectivement le maillage total (figure 31).

On sauve le maillage du naca.

7. Cliquer dans l'item SAUVER, taper `mesh(CR)`, taper `naca12(CR)` le fichier `naca12.mesh` est créé

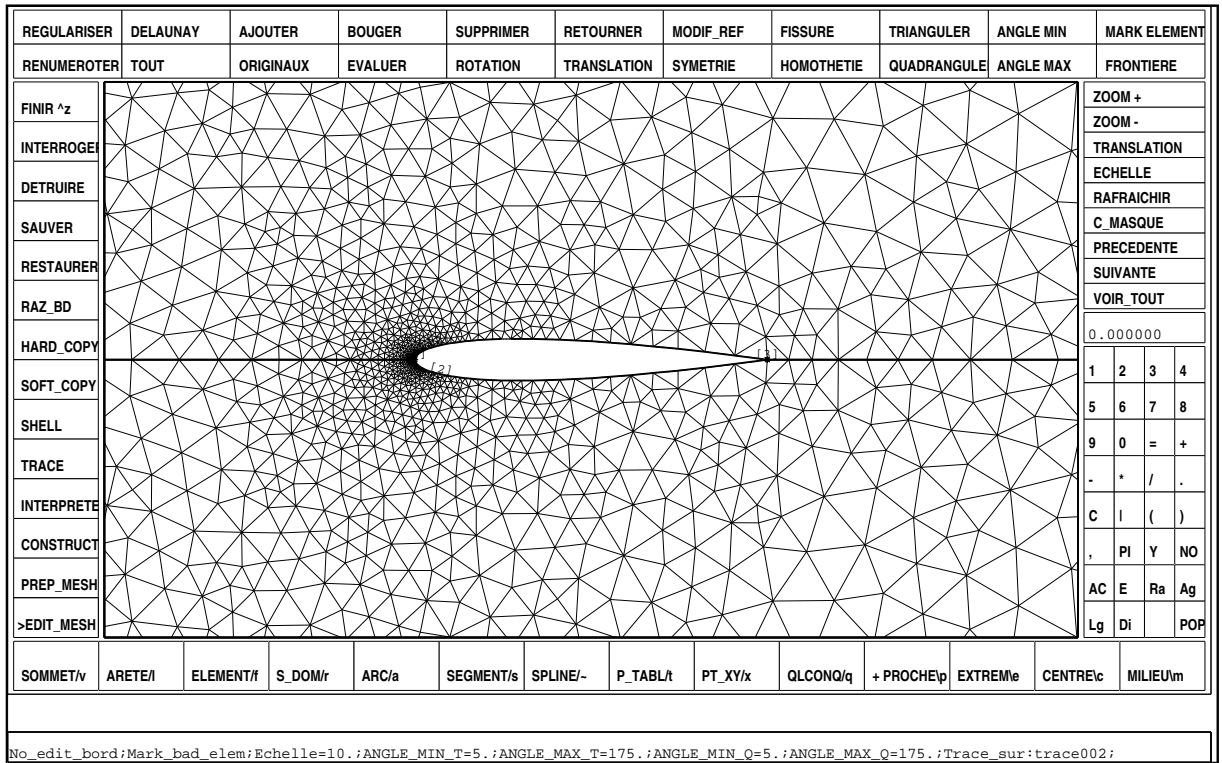


Figure 31: Zoom de 10 du maillage du naca0012 complet

8 Limitations et Bogues

8.1 Fichiers pouvant être créés par le système

Si xx est le nom donné par l'utilisateur.

Noms pouvant être créés à partir de xx:

traceNNN.emc2_trace	Trace des actions (noms générés automatiquement).
xx.emc2_trace	Trace des actions (nom spécifié par user).
xx.emc2_bd	Sauvetage en CONSTRUCTION ou en PREP MESH
xx_bak.emc2_bd	Fichier .bak du précédent.
xx.data	Fichier pour module APNOPO (il génèrera xx.nopo).
xx.nopo	Fichier généré par EDIT MESH.
xx.mesh	Fichier généré par EDIT MESH.
xx.am	Fichier généré par EDIT MESH.
xx.am_fmt	Fichier généré par EDIT MESH.
xx.ambda	Fichier généré par EDIT MESH.
xx.set	Pour liaison avec le logiciel VISIL.
xx.bas	Pour liaison avec le logiciel VISIL.

- Nombre maximal

– d'éléments de BD	5000
– de points de discrétisation sur un élément de BD	555
– de points définissant une spline	200
– de sommets du maillage	15000
– de triangles du maillage	29998
– d'arêtes du maillage définissant les frontières	5000
– de sous domaines	1000
– d'éléments de listes	20000

- il faut faire attention aux superpositions d'éléments de BD (exemple: une droite et un segment de même support) quand on désigne en mode quelconque car le resultat de la désignation est imprévisible.
- lors de la commutation de l'application CONSTRUCTION à l'application PREP_MESH, si des arcs ou des segments ou des splines se superposent, on détruit l'un des deux.
- Si le mailleur, appelé au niveau de la commutation dans l'application EDIT_MESH, ne veut pas construire le maillage, c'est selon toute probabilité parce que :
 - **il faut couper explicitement tout les segments, arcs, splines** i.e. une extrémité de segment, arc, ou spline ne doit pas être sur une courbe non coupée.
 - lorsque l'on construit des arcs avec des propriétés de tangence, il peut y avoir des problèmes d'erreur d'arrondi. Pour éviter cela, on peut commencer par construire les points de tangence puis utiliser ceux-ci.
 - La précision du mailleur de 1/32000 relativement à la plus grande longueur ou largeur. Si le pas de discrétisation demandé est trop fin, le mailleur peut soit retourner des triangles ou soit refuser de mailler (il y a des points confondus)

- une courbe n'est pas suffisamment discrétisée (la frontière est croisée).

le type de l'erreur est : il y a des points confondus, ou la frontière est croisée

- le mailleur ne respecte généralement pas les symétries du domaine, si l'on veut respecter ces symétries: il faut mailler la partie minimale, puis générer le maillage total en utilisant les transformations de l'application EDIT_MESH.
- Attention: L'utilisation des transformations de l'application EDIT_MESH peut permettre la construction de sous domaines se chevauchant. Les résultats sont alors imprévisibles.
- Attention: les points d'un maillage lus au niveau de l'application EDIT_MESH ne sont pas recollés avec les points des maillages préexistants.
- Attention: Toutes les modifications d'un maillage sont perdues si l'on sort de l'application EDIT_MESH. On perd le maillage et on ne conserve que ses contours.
- Attention: en raison de problème fortran (INQUIRE), il est impossible d'exécuter emc2 dans un directory où l'on a pas de d'accès en écriture (le programme essaie d'ouvrir 999 fichiers de "TRACE" (voir 3.3.10) ce qui prend du temps)

- **SEGMENT** = -3. **SEGMENT** allant du point X1,Y1 au point X2,Y2.
- **ARC** = -2. **ARC** de centre XC,YC passant par le point XD,YD et faisant un angle **ANGLE** à partir de ce point.
- **SPLINE** = -4. **SPLINE**.
- **VIDE** = -1000. élément vide.

NUREF est le numéro de référence de l'élément (**ARC** ou **SEGMENT**).

ADP1) pointeur dans la B.D. sur le **POINT** extrémité 1 de l'élément (Si l'élément n'est pas fissuré, on a dans le **NUREF** de ce **POINT** le numéro de référence de l'extrémité 1 de l'élément).

ADP2 pointeur dans la B.D. sur le **POINT** extrémité 2 de l'élément ou le dernier **POINT** de la **SPLINE**. (Si l'élément n'est pas fissuré, on a dans le **NUREF** de ce **POINT** le numéro de référence de l'extrémité 2 de l'élément).

NBNODE est le nombre de points intermédiaires de l'élément (extrémités comprises).

RAISON est la raison de la progression géométrique répartissant les **NBNODE**-2 points de l'extrémité 1 à l'extrémité 2.

CONX(2) pointeurs dans la B.D. Il permet le chaînage circulaire des éléments d'une même composante connexe. Pour un même élément, il y a deux et seulement deux composantes connexes qui contiennent cet élément: La composante qui est à gauche et celle qui est à droite (La droite et la gauche sont des notions relatives au sens de parcourt de l'élément). Il y a donc deux chainages symbolisés par: **CONXG** et **CONXD**.

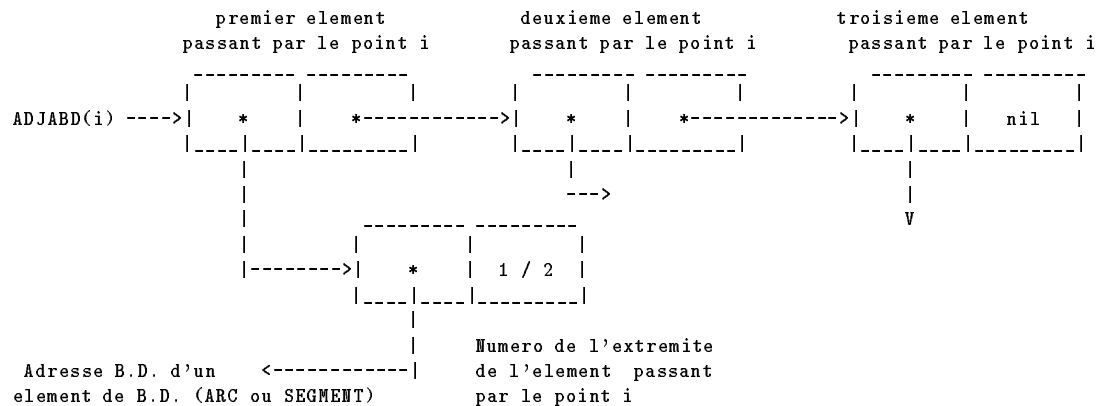
CNX(2) Indique le **CONX** à utiliser pour l'élément suivant (**CONXG** ou **CONXD**) selon que **CNX** vaut **GAUCHE**/**DROIT** (**GAUCHE**=1, **DROIT**=2)(parameter).

COMPOS(2) Pointeurs inverses vers les deux composantes auxquelles appartient l'élément. **CNXG** est relatif à **CONXG** et à **COMPOSG** (Ils n'existent que pour les **ARCS** et les **SEGMENTS**). **CNXD** est relatif à **CONXD** et à **COMPOSD** (Ils n'existent que pour les **ARCS** et les **SEGMENTS**).

ADJABD Tête de liste des éléments passant par le point (Il n'existe que pour les **POINTS**). (Voir description de cette liste plus loin).

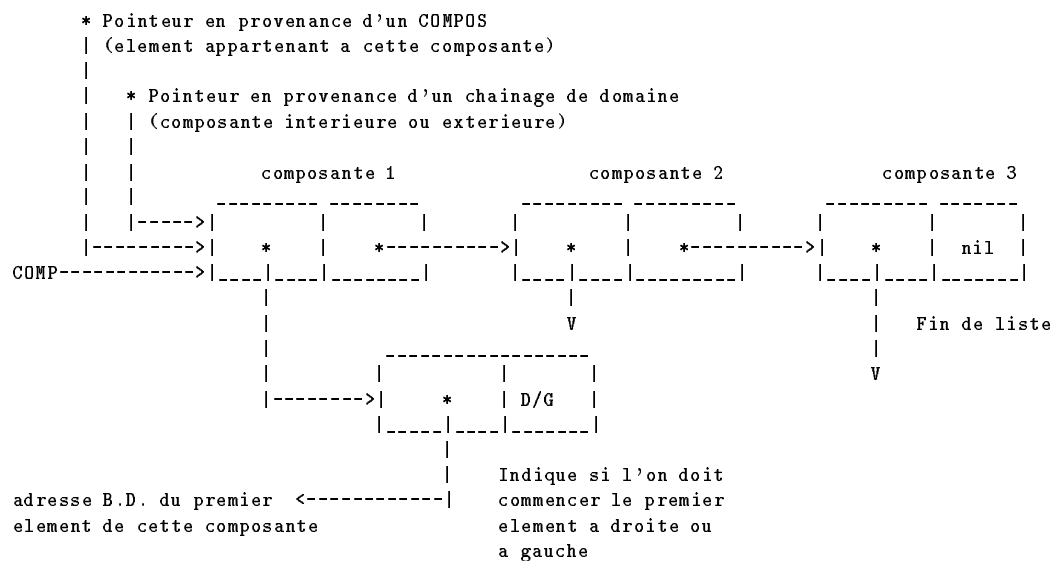
A.2.1 Description de la liste des éléments passant par le point i.

La tête de la liste des éléments passant par un point est ADJABD.



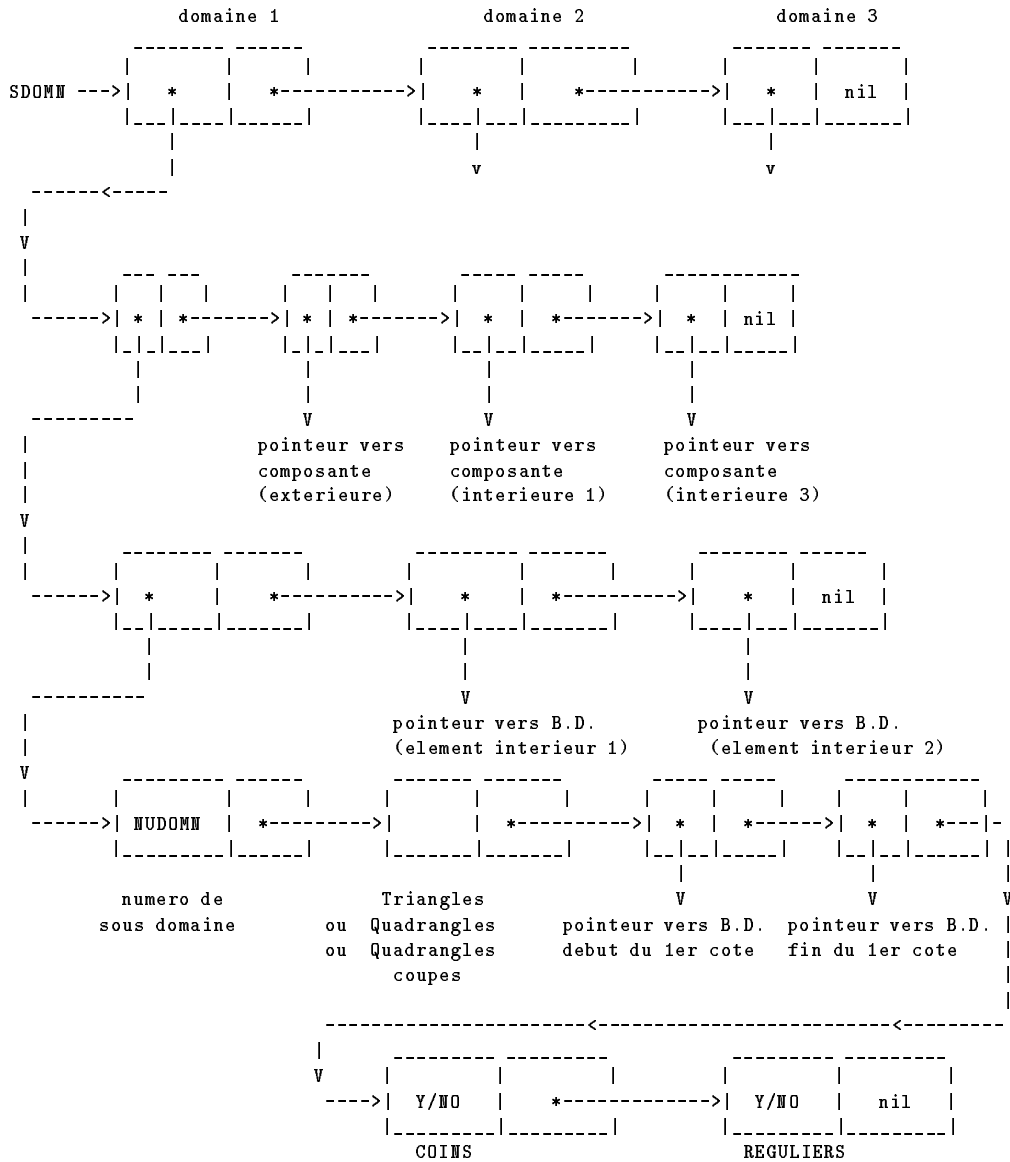
A.2.2 Description de la liste des composantes

La tête de la liste des composantes est COMP.



A.2.3 Description de la liste des domaines

La tête de la liste des domaines est SDOMN.



A.3 Description des B.D. pour l'application EDIT_MESH

La B.D. est la même que dans l'application PREP_MESH, et la structure de donnée SD_MESH est formée comme suit:

nbs est le numéro du dernier sommet

nbt est le numéro du dernier triangle

nba est le nombre d'arêtes qui sont sur des courbes (segment, arc, spline) que l'on appellera arête frontières

nbsd est le nombre de sous-domaines

nbsrft est le nombre de sommets référencés par les éléments

nbtria est le nombre de triangles

nbquad est le nombre de quadrangles

nbtrou est le nombre de trous dans le maillage

freetr est la tête de la liste des triangles détruits

finbd3 est le numéro du dernier élément de BD de PREP_MESH

Les Sommets sont définis avec les 4 tableaux en parallèle suivants:

cr(1:2,nbs) est le tableau des coordonnées des sommets.

nsorig(1:nbs) est le tableau donnant le numéro du sommets d'origine pour les sommets qui sont sur une fissure (les coordonnées réelles du sommet i sont $cr(1:2, nsorig(i))$, $cr(1:2, i)$ sont des coordonnées ne servant qu'à la visualisation de la fissure.

Remarque: si le sommet i n'est pas sur une fissure, on a $nsorig(i) = i$.

abcurv(1:nbs) est :

- 0 si le sommet n'est pas sur une courbe (segment, arc, spline), (le sommet est interne à un sous-domaine),
- abscisse du point sur la courbe si ce sommet n'est pas une extrémité de la courbe, 0 pour les extrémités de courbe. *remarque: les courbe sont toujours paramétrées de 0 à 1.*

refs(1:nbs) est le tableau donnant: le numéro dans BD de l'élément (point, segment, arc, spline) supportant le sommet si il existe, sinon 0.

Remarque: si le sommet est une extrémité de courbe alors l'élément choisi sera le point extrémité de courbe (c.f. ADP1 et ADP2 (Appendice A.2))

Les éléments finis sont des triangles ou des quadrangles qui sont représentés de manière interne uniquement avec triangles auxquels on a ajouté la notion d'arête visible ou non afin de tracer les quadrangles. Les tableaux définissant les triangles sont:

nsea(1:6,nbt) définit pour chaque triangle les sommets et les arêtes ou les triangles adjacents si $nsea(1, ie) < 1$ alors le triangle ie n'existe pas et $refl(ie)$ donne le triangle détruit suivant, sinon le triangle ie existe et on a :

- $nsea(1:3, ie)$ donne pour chaque triangle les trois numéros de sommets tournant dans le sens trigonométrique.
- $d_i \stackrel{\text{def}}{=} nsea(i, ie)$, $i = 4, 5, 6$, les 3 arêtes a_i du triangle numérotées de 4 à 6 ont pour sommets $nsorig(nsea(i-3, ie))$ et $(nsorig(nsea(mod(i, 3) + 1, ie)))$.
 - si $d_i < 0$ alors l'arête est frontière, et est définie dans *aretdb*, et a pour numéro $-d_i$;
 - sinon l'arête est interne et $d_i = 8 * t_a + a_{t_a}$ où t_a est le numéro du triangle adjacent à l'arête et a_{t_a} est le numéro de l'arête dans t_a .

anovue(1:nbt) donne pour chaque triangle la visibilité de ses 3 arêtes, si $anovue(i)$ est égal à :

- 0 toutes les arêtes du triangle i sont vues,
- 1 seule l'arête 4 du triangle i n'est pas vue,
- 2 seule l'arête 5 du triangle i n'est pas vue,

3 seule l'arête 6 du triangle i n'est pas vue,

reft(1:nbt) est:

- soit le tableau des numéros du sous-domaine contenant le triangle;
- soit le tableau des chaînages des triangles d'un sous domaine, (**reft**(ie) donne le triangle suivant du sous-domaine, si $reft(ie) <> finsd = 2^{30}$, voir aussi le tableau **tetdt** pour les tête de liste des sous-domaines).

Les arêtes frontières du maillages sont définies comme suit:

aretbd(1:2,nba) donne pour chaque arête ses 2 numéro de sommets;

areadj(gauche:droite,nba) : $d_i \stackrel{\text{def}}{=} areadj(i, j), i = gauche, droite$ même définition que pour **nsea**;

refa(nba) donne pour chaque arête l'adresse dans la bd du support de celle-ci (le support existe toujours par définition).

Les sous-domaines sont définis avec les tableaux suivants:

refsd(nbsd) donne les numéros de référence des sous-domaines, si $refsd(i) = videsd = -2^{30}$ alors le sous-domaine n'existe pas.

trfsd(3,3,i) donne la transformation appliquée au sous domaine $ptorsd(i)$ pour obtenir ce sous domaine $i (i \in 1, \dots, nbsd)$

strfsd(i) donne le signe de la transformation (exemple: -1 pour une symétrie par rapport à une droite)

ptorsd(i) donne le numéro sur le sous-domaine origine (si $ptorsd(i)=i$ alors le sous-domaine i n'est pas transformé (*sous domaine original*))

tetsd(nbsd) est un tableau donnant par sous-domaine le premier triangle de la liste des triangles de ce sous-domaine (c.f **reft**)

A.4 Description des maillages AM, AM_FMT, AMDBA

le maillage n'est formé que de triangles et peut être défini avec les 2 entiers et les 4 tableaux suivants:

nbt est le nombre de triangles

nbs est le nombre de sommets

nu(1:3,1:nbt) est un tableau d'entiers pour chaque triangle donnant les trois numéros de sommets tournant dans le sens trigonométrique.

c(1:2,nbs) est un tableau de réels donnant les 2 coordonnées pour chaque sommet.

refs(nbs) est un tableau d'entier donnant les numéros de référence des sommets.

reft(nbs) est un tableau d'entier donnant les numéros de référence des triangles.

Remarque: les sommets non référencés par des triangles seront l'éliminés, la numérotation des sommets dans ce cas sera compressée.

A.4.1 Le fichier AM

la lecture d'un fichier `xxx.am` est faite comme suit:

```
open(1,file='xxx.am',form='unformatted',status='old')
  read (1) nbs,nbt
  read (1)
+          ((nu(i,j),i=1,3),j=1,nbt)
+          ,((c(i,j),i=1,2),j=1,nbs)
+          ,( ref(i),i=1,nbt)
+          ,( refs(i),i=1,nbs)

close(1)
```

A.4.2 Le fichier AM_FMT

la lecture d'un fichier `xxx.am_fmt` est faite comme suit:

```
open(1,file='xxx.am_fmt',form='formatted',status='old')
  read (1,*) nbs,nbt
  read (1,*) ((nu(i,j),i=1,3),j=1,nbt)
  read (1,*) ((c(i,j),i=1,2),j=1,nbs)
  read (1,*) ( ref(i),i=1,nbt)
  read (1,*) ( refs(i),i=1,nbs)
close(1)
```

A.4.3 Le fichier AMDBA

la lecture d'un fichier `xxx.amdba` est faite comme suit:

```
open(1,file='xxx.am_fmt',form='formatted',status='old')
  read (1,*) nbs,nbt
  read (1,*) (k,(c(i,k),i=1,2),refs(k),j=1,nbs)
  read (1,*) (k,(nu(i,k),i=1,3),ref(k),j=1,nbt)
close(1)
```

B Installation

Pour installer EMC², il faut que le logiciel Fortran3d soit déjà installé et en mode opérationnel (voir [13]) puis lire la bande qui contient :

emc2 l'exécutable de emc2

ins répertoire donnant la liste des includes fortran,

gram répertoire donnant les grammaires des applications.

scr répertoire donnant la liste des sources pour changer les types de fichiers maillages, harcopy et softcopy d'écran, ouverture des fichiers (partie non portable),

exemple répertoire donnant un ensemble d'exemples

tex la doc sous L^AT_EX

s répertoire donnant la liste des autres sources (non distribuée)

B.1 Lecture de la bande

B.1.1 Unix-bsd

La bande a été faite avec l'utilitaire tar. Il faut :

1. créer un directory avec mkdir qui contiendra l'arborescence
(ex. `mkdir /usr/local/lib/emc2`)
2. aller dans ce directory
(ex. `cd /usr/local/lib/emc2`)
3. lire la bande avec tar:
(ex. `tar xvf /dev/rst8` sur sun (le nom /dev/rst8 est dépend du système, faire man tar si il y des problèmes pour retrouver le device de la bande))
4. une édition de liens de emc2 dans un des directory du "path" courant
(ex. `ln -s /usr/local/lib/emc2/emc2 /usr/local/bin/emc2`)

B.1.2 Aegis-Apollo

La bande a été faite avec l'utilitaire wbak. Il faut :

1. lire la bande dans un directory de path par exemple /emc2
(ex. `rbak -dev ct -f 1 -all -as /emc2 -l`)
2. aller dans ce directory
(ex `wd /emc2`)
3. faire une édition de liens de emc2 dans un des directory du csr (command seach rule) courant
(ex. `cr1 /com/emc2 /emc2/emc2`)

B.2 Les parties non portables

La plus par de ces subroutine sont écrit en FORTRAN77 standart, mais elle fond le lien avec le système, ou d'autre programme (il peut être utile de les modifiées).

- exécution d'une commande système modif: `exec.f`
- hard copy: `hardcp.f`
- soft copy: `softcp.f`
- ouverture d'un fichier: `fopen.f` et `trunit.f`, ouvrir.f (utiliser la bibliothèque `util_machine` de MODULEF)
- lecture et écriture des bases de données: `ecrmsh.f`, `ecrms1.f`, `ecrnop.f`, `addms1.f`, `addmsh.f`, `addnop.f`, `addnp5.f`, `addref.f`, `restbd.f`, `sauvbd.f`.
- la subroutine `genspl.f` approche une spline par une ligne brisé.

Pour changer un source, il suffit de le recompiler et de mettre à jour la bibliothèque `emc2.a` puis de faire une d'éditer de liens avec fortran 3d et le système.

Bibliographie

- [1] M.BERNADOU AND ALL, MODULEF: Une bibliothèque modulaire d'éléments finis, INRIA, 1988.
- [2] P.G.CIARLET, The finite element method for elliptic problem, North Holland 1978.
- [3] J.L.COULOMB, Maillages 2D et 3D. Experimentation de la triangulation de Delaunay, Conférence on Automated mesh génération and adpatation, Grenoble 1987.
- [4] P.L GEORGE, Génération automatique de maillages, applications aux Méthodes d'Eléments Finis, Livre n° 16, Collection recherches en mathématiques appliqués, Masson, Paris, 1990.
- [5] P.L GEORGE, MODULEF: Construction et modification de maillages, RT n°104 INRIA 1988.
- [6] P.L.GEORGE, F.HERMELINE, Maillage de Delaunay d'un polyèdre convexe en dimension d. Extention à un polyèdre quelconque, CEA-N-90,1989.
- [7] F.HERMELINE, Triangulation automatique d'un polyèdre en dimension N, RAIRO numerical analysis vol 16, n° 3 1982.
- [8] A.JAMESON, T.J.BAKER, N.P.WEATHERILL, Calculation of inviscid transonic flow over a complete aircraft. AIAA 24th Aerospace Sciences Meeting, Reno Nevada, USA, 1986.
- [9] R.LOHNER, P.PARIKH, Generation of 3-D unstructured grids by the advancing front method, AIAA 26th Aerospace Sciences meeting, Reno Nevada, USA, 1988.
- [10] A.PERRONNET, Tétraèdrisation d'un objet multi-materiaux ou de l'exterieur d'un objet, R n° 88005, LAN 189, Université Paris 6, 1988.
- [11] J.Y.TALON, Algorithmes d'amélioration de maillages pour éléments finis en 2 et 3 dimensions, Conférence on Automated mesh generation and adaptation, Grenoble 1987.
- [12] J.F.THOMPSON, A general three dimensional elliptic grid generation system on a composite block-structure, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol 64, 1987.
- [13] P.L GEORGE, A. GOLGOLAB, E. SALTEL Manuel d'utilisation du logiciel graphique fortran 3d, doc modulef n°47, inria, 1989.

Index

" (rien) 20
 () (changer les priorités) 20
 ((item calculette) 12
) (item calculette) 12
 * (la répétition) 20
 * (item calculette) 12
 +_PROCHE 10
 + (item calculette) 12
 , (item calculette) 12
 - (item calculette) 12
 <...> = 20
 . (item calculette) 12
 / (item calculette) 12
 1 (item calculette) 12
 2 (item calculette) 12
 3 (item calculette) 12
 4 (item calculette) 12
 5 (item calculette) 12
 6 (item calculette) 12
 7 (item calculette) 12
 8 (item calculette) 12
 9 (item calculette) 12
 = (item calculette) 12
 ACOS (item calculette) 13
 AC (item calculette) 12
 Ag (item calculette) 12
 AJOUTER
 construction 27
 edit_mesh 36
 am 14, 61
 amdba 14, 61
 am_fmt 14, 61
 %ANGLE 21
 ANGLE 21
 <angle> 21
 ANGLE_MAX 36, 38
 ANGLE_MIN 36, 38
 apnopo 28
 application 1
 construction 2
 edit_mesh 3
 prep_mesh 3
 <ARC> 9, 19
 ARC
 construction 23
 désignation 10
 ARETE 10
 <ARETE> 10, 35
 ARRONDI 25
 ASIN (item calculette) 13
 ATAN2 (item calculette) 13
 ATAN (item calculette) 13
 BD 14, 14, 55, 56
 BD_MESH 14, 59
 BOUGER 36, 36
 calculette 12
 CENTRE
 construction 23, 24
 désignation 10
 <CERCLE> 9, 19
 CERCLE
 construction 23
 désignation 10
 CHANGER 27
 COINS 34
 commande système 16
 COMPLE_ARC 26
 COMPOSANTE 32
 <composante> 29
 CONSTRUCTION 16, 19, 53
 construction
 d'arcs 23
 de cercles 23
 de droites 22
 de points 22
 de segments 24
 de splines 24
 CONTOURAGE 25
 <contrainte> 20
 <COORD> 9, 19, 35
 COS (item calculette) 13
 COUPER 27
 (CR)caractère retour chariot 12, 13
 C_MASQUE 18
 C (item calculette) 12
 DEFISSURE 32
 DEF_DOMAI 33
 DELAUNAY 37
 DETRUIRE 14
 %DISTANCE 21
 DISTANCE 21
 <distance> 21
 Di (item calculette) 13
 DOMAINE 33, 34, 34, 34, 34

<domaine> 29
 <DROITE> 9, 19
 DROITE
 construction 22
 désignation 10
 ECHELLE 18
 échelles 17
 écran 2
 EDIT_MESH 16, 35, 53, 54
 ELEMENT 10
 <element> 20, 29
 <ELEMENT> 10, 35
 end 13
 entrée sortie 2
 état du système 2, 21, 29
 EVALUER 38, 39
 EXP (item calculette) 13
 EXTREM 10
 EXTREMITE 34
 E (item calculette) 12
 fenêtre graphique 2
 fin 13
 FINIR 13
 FISSURE 32
 FISSURER 38
 FI_XY 10, 22
 FONDRE 28
 FRONTIERE 36
 GENERER 34
 HARD_COPY 15
 HOMOTHETIE
 construction 25
 edit_mesh 39
 IDEM
 construction 23
 prep_mesh 30
 il y a des points confondus 53
 INTERIEUR 33, 33
 INTERPRETE 16
 INTERROGER 14
 INTERS 10
 INT (item calculette) 13
 INVERSER 26
 item 10
 l'état du système
 affichage 2
 la frontière est croisée 54
 <lg interval> 30
 %LGINTR 30
 LGINTR 30
 Lg_INTERVAL 30
 Lg (item calculette) 12
 LIGNE 32
 <ligne> 29
 LOG10 (item calculette) 13
 LOG (item calculette) 13
 MARK_ELEMENT 36
 masque 17
 menu
 application 2
 calculette 2, 12
 construction 19
 désignation 2, 9
 edit_mesh 35
 generalites 2, 13
 gestion de l'écran 2
 gestion de l'écran 17
 prep_mesh 28
 MILIEU 10
 <modif etat> 21, 30
 MODIF_REF 38
 modulef 28
 MOD (item calculette) 13
 méta syntaxe 20
 <nb interval> 30
 %NBINTR 29
 NBINTR 30
 NB_INTERVAL 30
 NINT (item calculette) 13
 %NOMBRE 21
 NOMBRE 21
 <nombre> 21
 NOPO 14
 NO (item calculette) 12
 <numero de ref> 30
 %NUREF 30, 31
 NUREF 30
 ORIGINAUX 38, 39
 PI (item calculette) 12
 <POINT> 9, 19, 35
 <point> 35
 <point-coor> 20
 POINT
 construction 22
 désignation 10
 POP (item calculette) 13
 PRECEDENTE 18
 PREP_MESH 16, 28
 PT_TABL 22
 PT_XY 10, 22

P_TABL 10
 QLCONQ 10
 quadrangle 35
 QUADRANGLE 34
 QUADRANGULER 37
 quit 13
 raccourci
 calculette 12
 désignation 11
 RAFRAICHIR 18
 %RAISON 29
 RAISON 30, 31
 <raison> 30
 %RAPPORT 21
 RAPPORT 21
 <rapport> 21
 %RAYON 21
 RAYON 21
 <rayon> 21
 RAZ_BD 15
 Ra (item calculette) 12
 REF_DOMAIN 33
 REF_LIGNE 31
 REF_NOEUDS 31
 REGULARISER 36, 37
 REGULIER 34
 RENUMEROTER 38
 RESTAURER 15
 RETIRER 33
 RETOURNER 36
 RETOURNE
 construction 26
 ROTATION
 construction 25
 edit_mesh 39
 S.D. maillage
 am 14, 62
 amdba 14, 62
 am_fmt 14, 62
 mesh 3, 14, 59
 nopo 3, 14
 SAUVER 14
 scratch 2
 <SEGMENT> 10, 19
 SEGMENT
 construction 24
 désignation 10
 SHELL 16
 SIN (item calculette) 13
 SOFT_COPY 16
 SOMMET 10
 <SOMMET> 10, 35, 35
 <SPLINE> 10, 19
 SPLINE
 construction 24
 désignation 10
 stop 13
 subroutine
 addmsh 15
 ecrmsh 14
 exec 16
 hardcp 15
 softcp 16
 SUIVANTE 18
 SUPPRIMER 36
 SYMETRIE
 construction 25
 edit_mesh 39
 S_DOM 10, 10, 35
 TAN (item calculette) 13
 TOUT 32, 33, 38, 39
 TRACE 16, 54
 transformations 25
 edit_mesh 38
 TRANSLATION
 gestion de l'écran 18
 edit_mesh 39
 TRANSLAT
 construction 25
 triangle 35
 TRIANGLE 34
 TRIANGULER 37
 <VALEUR> 10, 12, 19, 21, 30, 31
 VERIFIER 33
 VOIR 34
 VOIR_TOUT 18
 Y (item calculette) 12
 ZOOM + 17
 ZOOM - 17
 | (l'alternative) 20
 | (item calculette) 12